



TESIS SF 142502

RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN TEMPERATUR PADA PROSES PENGERINGAN DAUN TEMBAKAU MADURA

Humaidillah Kurniadi Wardana
NRP. 1112201017

Dosen Pembimbing
Endarko, M.Si, Ph.D.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN INSTRUMENTASI
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



THESIS SF 142502

DESIGN OF TEMPERATURE MEASUREMENT SYSTEM ON THE PROCESS OF DRYING MADURA TOBACCO LEAVES

Humaidillah Kurniadi Wardana
NRP. 1112201017

SUPERVISOR
Endarko, M.Si, Ph.D.

MAGISTER PROGRAM
INSTRUMENTATION
DEPARTMENT OF PHYSICS
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Sains (M.Si)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :
Humaidillah Kurniadi Wardana
Nrp. 1112201017

Tanggal Ujian : 27 Juni 2015
Periode Wisuda : September 2015


Disetujui oleh :


1. Endarko, M.Si., Ph.D
NIP: 19741117.199903.1.001

(Pembimbing)


2. Prof. Mahmud. Zaki M. Sc

(Penguji)


3. Dr. Melania Suweni M, M.T
NIP: 19641229.199002.2.001

(Penguji)



Direktur Program Pascasajana,

Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T
NIP. 19640405.199002. 1.001

RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN TEMPERATUR PADA PROSES PENGERINGAN DAUN TEMBAKAU MADURA

Nama mahasiswa : Humaidillah Kurniadi Wardana

NRP : 1112201017

Pembimbing : Endarko, M.Si, Ph.D

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian berkenaan dengan pengeringan tembakau rajangan madura dengan menggunakan sistem pengovenan. Hasil pengovenan dilakukan dengan waktu selama 20 menit menghasilkan distribusi suhu dalam ruang pengeringan 25 – 30 °C dengan penurunan kadar air 26 – 35 % dan laju pengeringan 0,26 – 0,35 (g/menit) serta energi kalor sebesar 0 – 20,20 J. Pengeringan selama 30 menit menghasilkan distribusi suhu dalam ruang pengeringan 24 – 30 °C dengan penurunan kadar air 32 – 50 % dan laju pengeringan 0,21 – 0,35 (g/menit) serta energi kalor yang diterima oleh rak sebesar 0 – 25,40 J. Pengeringan 40 menit menghasilkan distribusi suhu dalam ruangan pengeringan 25 – 31 °C dengan penurunan kadar air 51 - 60 % dan laju pengeringan 0,26 – 0,35 (g/menit) serta energi kalor yang diterima oleh rak sebesar 0 – 32,32 J. Hasil pencatatan data temperatur di tiap rak di dalam ruangan pengeringan digunakan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pengeringan. Besarnya penurunan kadar air hasil pengeringan secara signifikan dipengaruhi oleh temperatur dan lamanya pengeringan yang diinginkan. Peletakan dan susunan bahan tembakau rajangan pada rak juga mempengaruhi hasil pengeringan.

Kata kunci : Pengukuran, suhu, pengeringan, tembakau rajangan

DESIGN OF TEMPERATURE MEASUREMENT SYSTEM ON THE PROCESS OF DRYING MADURA TOBACCO LEAVES

Name : Humaidillah Kurniadi Wardana
NRP : 1112201017
Supervisor : Endarko, M.Si, Ph.D

ABSTRACT

A study on drying process of chopped leaves of Madura tobacco has been carried out. The drying process in the study was used oven with three racks. The rate of drying of chopped leaves has been measured and analyzed for drying time for 20, 30 and 40 minutes. The results showed that every rack has a different rate of drying shrinkage for drying time. For 20 minutes of drying process, the result showed that the rate of drying shrinkage was achieved at 26 – 25% (0.26 – 0.35 g/min with heat energy around 0 – 20.20 J) for all racks with a temperature distribution in oven at 25 – 30 ° C whereas the rate of drying shrinkage of 32 – 50% (0.21 – 0.35 g/min with heat energy around 0 – 25.40 J) can be achieved when drying process lasted for 30 minutes with a temperature distribution in oven at 24 – 30 ° C. Meanwhile, the rate of drying shrinkage for 51 – 60% (0.26 – 0.35 g/min with heat energy around 0 – 32.332 J) can be achieved when drying process lasted for 40 minutes with a temperature distribution in oven at 25 – 31 °C. From the data measurement can be concluded that the rate of drying shrinkage of chopped leaves of Madura tobacco depends on drying time, temperature and position where chopped leaves placed on the racks.

Key words : Measurement, temperature, drying, chopped tobacco

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah Robbil ‘Alamin, segala puji bagi Allah yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan kenikmatan lahir maupun batin sehingga penulis dapat menyelesaikan studi S2 serta dapat menyelesaikan tesis dengan judul: **RANCANG BANGUN SISTEM PENGUKURAN TEMPERATUR PADA PROSES PENGERINGAN DAUN TEMBAKAU MADURA.**

Penelitian ini untuk meningkatkan mutu tembakau rajangan setelah pasca panen. Impelementasi sistem instrumentasi untuk pengukuran derajat kering tembakau rajangan Madura dengan menggunakan sistem pengovenan. Pengolahan tembakau rajangan memerlukan parameter seperti temperatur, kadar air, laju pengeringan dan perubahan panas yang jelas berupa nilai kuantitatif yang memerlukan kajian secara fisika dan aplikasinya. Sedangkan teknologi memerlukan ilmu rekayasa untuk mempermudah pengeringan secara efektif dan efisien tanpa harus menunggu adanya panas terik matahari.

Penulis menyadari bahwa tesis ini dapat diselesaikan dengan baik atas bimbingan, arahan, dorongan moral baik materiil dan batin dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada:

1. Ayahanda dan ibunda tercinta (H. Nurhamin Thaha dan Hj. Sumriyani) yang telah membesarkan dan mendidik penulis dengan penuh kesabaran, ketulusan, dan pengorbanan yang tidak terbalaskan serta memberikan semangat dan doa dengan penuh kasih sayang tak henti-hentinya. *Semoga beliau panjang umur dan sehat selalu.*
2. Saudara-saudaraku tercinta kakak Lina Arifah Fitriyah dan adik Linda Desti Fina F yang telah memberikan semangat dan doa tulus kepada penulis. Serta Vitri Angriantika Wulandari terima kasih atas bantuan dan pengertiannya.
3. Bapak Endarko, Ph.D selaku dosen wali dan pembimbing yang telah memberikan semangat, nasehat, petunjuk dan bimbingan dengan penuh kesabaran kepada penulis selama penyusunan tesis ini. Yang selalu bilang “ayo masih ada waktu untuk memperbaiki diri dan cepat lulus serta mengerjakan

riset layaknya mengerjakan sesuatu yang kamu senangi”. Terima kasih Pak Endarko, *May Allah save you.*

4. Bapak Prof. Mahmud Zaki, M.Si selaku dosen penguji utama yang telah memberi saran dan masukan untuk kesempurnaan tesis ini. Prof. Zaki *Jazakumullah khairan katsiran.*
5. Ibu Dr. Melania Suweni Muntini, M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam merevisi tesis ini. *Terima kasih Banyak ibu.*
6. Dirjen DIKTI terima kasih atas kesempatan, fasilitas, dan biaya sehingga dapat menyelesaikan studi program Magister (S2) Fisika FMIPA ITS Surabaya.
7. Teman-teman seperjuangan dari Fisika Instrumentasi: Okta, Ahmadi, Andi Rosman N atas kerjasama dan bantuan kepada penulis.
8. Teman-teman S2 angkatan 2012: Feri, Pak Imam, Pak Totok, Agus serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu sampai terselesainya tesis ini.

Atas semua yang mereka lakukan, semoga Allah SWT membalas amal kebbaikannya. Penulis menyadari bahwa penyusunan tesis ini masih jauh dari sempurna baik susunan bahasa maupun materi penelitiannya. Oleh karena itu, penulis menerima bentuk saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan tesis ini. Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Tembakau Prancak N-2	6
Tabel 2.2 Besaran Fisik	15
Tabel 4.1 Hasil Distribusi Suhu Pada Ruang Kosong Selama 30 Menit	31
Tabel 4.2 Hasil Distribusi Suhu dengan Rak Terpasang Selama 30 Menit	33
Tabel 4.3 Hasil Distribusi Suhu Pengeringan Bahan Selama 20 Menit	38
Tabel 4.4 Hasil Persentase Penurunan Kadar Air Selama 20 Menit	40
Tabel 4.5 Hasil Laju Pengeringan Selama 20 Menit	42
Tabel 4.6 Hasil Distribusi Suhu Pengeringan Bahan Selama 30 Menit	43
Tabel 4.7 Hasil Persentase Penurunan Kadar Air Selama 30 Menit	46
Tabel 4.8 Hasil Laju Pengeringan Selama 30 Menit	48
Tabel 4.9 Hasil Distribusi Suhu Pengeringan Bahan Selama 40 Menit	49
Tabel 4.10 Hasil Persentase Penurunan Kadar Air Selama 40 Menit	51
Tabel 4.11 Hasil Laju Pengeringan Selama 40 Menit	53
Tabel 4.12 Perpindahan Panas Pada Rak 1 Selama 20 Menit	56
Tabel 4.13 Perpindahan Panas Pada Rak 2 Selama 20 Menit	56
Tabel 4.14 Perpindahan Panas Pada Rak 3 Selama 20 Menit	57
Tabel 4.15 Perpindahan Panas Pada Rak 1 Selama 30 Menit	57
Tabel 4.16 Perpindahan Panas Pada Rak 2 Selama 30 Menit	57
Tabel 4.17 Perpindahan Panas Pada Rak 3 Selama 30 Menit	58
Tabel 4.18 Perpindahan Panas Pada Rak 1 Selama 40 Menit	58
Tabel 4.19 Perpindahan Panas Pada Rak 2 Selama 40 Menit	59
Tabel 4.20 Perpindahan Panas Pada Rak 3 Selama 40 Menit	59
Tabel 4.21 Hasil Uji Tembakau	60

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tembakau Prancak N-2	5
Gambar 2.2 Pengolahan Tembakau Sistem <i>Curing</i>	7
Gambar 2.3 Pengolahan Tembakau Sistem Air <i>Curing</i>	7
Gambar 2.4 Pengolahan Tembakau Sistem <i>Fire Curing</i>	8
Gambar 2.5 Bagan Alir Pengolahan Tembakau	9
Gambar 2.6 Proses Pengolahan Tembakau Rajangan	9
Gambar 2.7 Perpindahan Panas konveksi.....	13
Gambar 2.8 Berbagai Daerah Aliran Lapisan Batas.....	16
Gambar 2.9 Konstruksi Oven Tembakau Virginia	18
Gambar 2.10 Konstruksi Oven dengan Sistem Pengeringan Hybrid	18
Gambar 3.1 Bagan Alir Tahapan penelitian	20
Gambar 3.2 Desain Oven Pengering	21
Gambar 3.3 Rak Pengering.....	22
Gambar 3.4 Pelapisan Kerangka Oven	22
Gambar 3.5 Tubular <i>Heater</i>	23
Gambar 3.6 Wadah <i>Heater</i>	23
Gambar 3.7 Blower Keong	23
Gambar 3.8 Termokopel dan Termometer Digital	24
Gambar 3.9 Timbangan Digital	24
Gambar 3.10 Anemometer Digital.....	25
Gambar 3.11 Desain Pengambilan Data	26
Gambar 4.1 Tahapan Pembuatan Oven	28
Gambar 4.2 Rak	28
Gambar 4.3 Sumber Pemanas dari Heater	29

Gambar 4.4 Peletakan Sumber Pemanas	30
Gambar 4.5 Titik-Titik Pengukuran Suhu di dalam Sistem Pengeringan	30
Gambar 4.6 Grafik Distribusi Suhu Terhadap Waktu Pada Ruang Kosong	32
Gambar 4.7 Titik-Titik Pengukuran Suhu Menggunakan Rak	32
Gambar 4.8 Grafik Distribusi Suhu Menggunakan Rak	35
Gambar 4.9 Tahap Pengujian dan Pengambilan Data.....	36
Gambar 4.10 Titik-Titik Pengukuran Suhu Menggunakan Bahan.....	37
Gambar 4.11 Grafik Distribusi Suhu Menggunakan Bahan Selama 20 Menit ...	40
Gambar 4.12 Grafik Perubahan Kadar Air Selama 20 Menit	42
Gambar 4.13 Grafik Laju Pengeringan Selama 20 Menit.....	43
Gambar 4.14 Grafik Distribusi Suhu Menggunakan Bahan Selama 30 Menit ...	45
Gambar 4.15 Grafik Perubahan Kadar Air Selama 30 Menit	47
Gambar 4.16 Grafik Laju Pengeringan Selama 30 Menit.....	48
Gambar 4.17 Grafik Distribusi Suhu Menggunakan Bahan Selama 40 Menit ...	51
Gambar 4.18 Grafik Perubahan Kadar Air Selama 40 Menit	53
Gambar 4.19 Gambar Laju Pengeringan Selama 40 Menit	54
Selama 40 Menit	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengukuran Distribusi Suhu.....	67
Lampiran 2 Penghitungan Persentase Penurunan Kadar Air dan Laju Pengeringan.....	71
Lampiran 3 Penghitungan Perpindahan Panas Konveksi	73
Lampiran 4 Hasil Uji Lab	91

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengukuran Distribusi Suhu.....	67
Lampiran 2 Penghitungan Persentase Penurunan Kadar Air dan Laju Pengeringan.....	71
Lampiran 3 Penghitungan Perpindahan Panas Konveksi	73
Lampiran 4 Hasil Uji Lab	91

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman tembakau (*Nicotiana tabaccum L*) merupakan komoditas perkebunan yang mempunyai peranan penting di bidang non pangan. Selama ini produksi tembakau dimanfaatkan daunnya untuk industri rokok. Areal tembakau di Indonesia mencapai luas ± 220.000 hektar meliputi 14 provinsi yakni Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Jambi, Sumatera Selatan, Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur (Joko Hartono, 2013). Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan dari tahun 2008 - 2012 produksi tembakau terbesar di Indonesia adalah provinsi Jawa Timur dengan pertumbuhan 18,23%.

Madura merupakan salah satu pulau di Jawa Timur sebagai penghasil tembakau terbesar dan pemasok bahan baku untuk pembuatan rokok kretek. Tembakau Madura merupakan komoditas yang bernilai tinggi setelah produksi garam. Bagi sebagian besar masyarakat Madura bertani tembakau dijadikan sebagai sumber pendapatan. Usaha tani tembakau dapat menyumbang pendapatan petani sekitar 40 – 80 % dari total pendapatan petani (Murdiyati dan Basuki, 2011). Menurut Natawidjaya dkk (2012) bagi Indonesia tembakau berperan dalam perekonomian nasional yaitu: sebagai salah satu sumber devisa, sumber penerimaan pemerintah berupa pajak dan cukai, pendapatan petani dan lapangan kerja masyarakat.

Usaha meningkatkan produksi dan kualitas perlu dilakukan pada pasca panen agar mutu daun tembakau tetap terjaga dan tidak kalah bersaing dengan produksi tembakau lainnya. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan (2012) proses pengolahan tembakau Madura pasca panen meliputi sortasi, pemeraman, penggulungan, perajangan, pengeringan, dan pengemasan. Salah satu hal yang bisa dilakukan untuk perkembangan teknologi pada pasca panen adalah sistem pengeringan. Pengeringan merupakan proses pemindahan air menggunakan panas atau aliran udara untuk menghambat pertumbuhan jamur dan bakteri sehingga

tidak dapat berkembang lagi atau memperlambat perkembangannya (Hall, 1980).

Permasalahan yang terjadi pada petani pengolahan tembakau di pedesaan adalah masih banyak metode pengeringan tembakau yang dilakukan secara tradisional yaitu pengeringan dengan mengandalkan sinar matahari. Damardjati dkk (1992) menyatakan bahwa proses pengeringan hasil panen dengan sumber panas sinar matahari mempunyai potensi untuk dikembangkan, namun tingkat adopsinya masih terhambat karena sinar matahari berfluktuasi terhadap musim. Sehingga pengeringan dengan sistem ini memiliki beberapa kelemahan antara lain: memerlukan tempat yang luas untuk melakukan penjemuran, memerlukan waktu untuk membolak-balikkan tembakau agar pengeringan menjadi merata, bergantung pada cuaca karena pada saat mendung apalagi turun hujan sama sekali tidak dapat melakukan penjemuran, dan tempat pengeringan terbuat dari bambu sehingga mudah terbakar.

Penelitian terdahulu tentang sistem pengeringan pada daun tembakau diantaranya, Samsuri Tirtosastro (1992) menggunakan prinsip pengeringan lapisan tipis dan pengering energi ganda yaitu surya dan LPG. Didapatkan kinerja alat dengan ketentuan suhu ruang oven 20,35 °C dan kelembaban ruang oven 48,01%. Dwi Aries Himawanto dan Muhammad Nadjib (2013) pengeringan tembakau dengan sistem *hybrid* memanfaatkan panas matahari dan pembakaran bio massa (limbah batang tembakau). Didapatkan kinerja alat dengan menggunakan panas matahari saja suhu didalam ruang pengering bagian atas 30 – 57 °C, bagian bawah 30 – 31 °C. Pengurangan kadar air berkisar 42% selama 300 menit. Menggunakan tambahan tungku didapatkan kinerja alat suhu didalam ruang pengering bagian atas 50 – 67 °C, pengurangan kadar air sekitar 60% selama 140 menit.

Berdasarkan penjelasan di atas maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan sebuah model pengeringan yang mampu mempresentasikan perilaku tembakau selama pengeringan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka perumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana merancang dan membuat sistem pengeringan tembakau dengan memanfaatkan panas dari *heater*.
2. Bagaimana menganalisis distribusi suhu, kadar air, dan laju pengeringan di dalam sistem pengeringan yang telah dibuat.
3. Bagaimana proses perpindahan panas yang terjadi pada sistem yang telah dibuat.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Merancang dan membuat sistem pengeringan tembakau.
2. Menganalisis distribusi suhu, kadar air, dan laju pengeringan di dalam sistem pengeringan yang telah dibuat.
3. Menganalisis proses perpindahan panas yang terjadi pada sistem yang telah dibuat.

1.4 Batasan Masalah

Proses pengeringan tembakau rajangan Madura secara umum sangat kompleks sehingga diperlukan pembatasan masalah. Peneliti membatasi masalah pada:

1. Tembakau yang digunakan sebagai sampel adalah tembakau rajangan dengan pengeringan selama 4 – 5 hari.
2. Pengeringan tembakau menggunakan pengeringan dengan metode sistem rak bertingkat.
3. Variabel yang diukur meliputi temperatur *inlet* dan *outlet*, massa tembakau sebelum dikeringkan dan setelah dikeringkan, kadar air tembakau kering selama proses pengeringan, kecepatan aliran udara dari blower, kecepatan aliran yang keluar dari cerobong.
4. Analisa dibatasi pada transfer panas udara yang berlangsung secara konveksi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian adalah untuk memperoleh pengetahuan yang memadai tentang sistem pengeringan tembakau Madura sehingga menghasilkan tembakau yang berkualitas, serta menghasilkan teknologi tepat guna yang langsung dapat diaplikasi kepada masyarakat.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tembakau

Tanaman tembakau merupakan komoditas perkebunan tetapi bukan termasuk komoditas pangan. Tembakau dimanfaatkan daunnya sebagai bahan pembuat rokok. Menurut Haryanto Budiman (2014) tembakau termasuk dalam famili *Solanaceae* (suku terung-terungan) dan genus *Nicotiana*. Tanaman yang banyak digunakan adalah jenis *Nicotiana tabacum* dan *Nicotiana rustica* walaupun jenis nicotiana lainnya juga digunakan dalam jumlah yang sangat terbatas (Bambang Cahyono, 2011).

2.1.1 Jenis Tembakau Madura

Varietas unggulan tanaman tembakau yang ditanam di daerah Madura yaitu di Sumenep, Pamekasan, Sampang diantaranya yaitu: varietas bukabu, japon raja, japon kene', cangkring, prancak-95, prancak N-1, prancak N-2 (Budiman Haryanto, 2014). Penelitian ini nantinya akan menggunakan jenis tembakau prancak-N2 dengan klasifikasi pada Tabel 2.1



Gambar 2.1. Prancak N-2

Tabel 2.1 Klasifikasi Tembakau Prancak N-2

No.	Ciri-Ciri	Keterangan
1.	Asal	Persilangan t. Madura x oriental (Prancak – 95 x Ismir)
2.	Tinggi (cm)	42,50 + 8,71
3.	Panjang ruas (cm)	5,8
4.	Jumlah daun (lembar)	13,01 + 1,88
5.	Panjang daun (cm)	26,50 + 0,95
6.	Lebar daun (cm)	26,50 + 0,95
7.	Bentuk daun	Bulat telur (ovatus)
8.	Kadar nikotin (%)	2,00 + 0,62
9.	Ketahanan penyakit	Lanas (tahan penyakit)

2.1.2 Pengolahan Tembakau

Proses pengolahan daun tembakau merupakan proses pengeringan dari daun basah menjadi daun kering (krosok atau rajangan). Proses pengolahan tembakau biasa disebut dengan proses *curing*. Menurut Garner (1951) proses ini merupakan inti dari proses pengolahan tembakau yang mempunyai dua tujuan pokok yaitu:

1. Memberikan perlakuan suhu dan kelembaban tertentu sehingga terjadi perubahan kimia dan biologi di dalam daun.
2. Mempertahankan potensi kualitas di dalam daun dengan cara mengeringkan tepat pada waktunya.

Pengolahan daun tembakau basah menjadi daun kering (krosok atau rajangan) dikenal beberapa cara yaitu *sun curing*, *air curing*, *smoke curing*, *fire curing* dan *flue curing* (Bambang Cahyono, 2011).

1. *Sun curing*

Penjemuran dengan panas matahari sebagai sumber panas. Daun-daun yang telah disusun pada gelantang ditata kembali pada kerangka bambu berpasangan yang dibuat di lapangan. Pengolahan daun tembakau dengan penjemuran

matahari dilakukan untuk jenis tembakau oriental (turki), tembakau Madura, tembakau Lumajang.



Gambar 2.2. Pengolahan Tembakau Sistem *Sun Curing*

2. *Air curing*

Prinsip air curing adalah menempatkan daun tembakau dalam keteduhan di dalam maupun di luar ruangan. Sumber panas adalah hembusan udara alamiah (angin). Untuk menjaga kondisi udara yang optimum ditambahkan panas pada malam hari ataupun terjadi hujan terus-menerus. Jenis tembakau yang diolah dengan cara seperti ini antara lain tembakau Besuki, tembakau Deli, tembakau Vorstenland.



Gambar 2.3. Pengolahan Tembakau Sistem *Air Curing*

3. *Smoke curing*

Sumber panas berasal dari udara panas buatan yang bercampur asap. Api untuk pengasapan diusahakan tidak menyala tetapi cukup berpengaruh terhadap hasil pengasapan. Pengolahan dengan asap dilakukan pada tembakau Boyolali.

4. *Fire curing*

Sumber energi panas untuk menguapkan air digunakan bara api. Tembakau yang akan dikeringkan terlebih dahulu diperam kemudian dirajang dan selanjutnya diatur di atas rigen. Pengolahan seperti ini biasanya untuk dikonsumsi petani sendiri misalnya tembakau Temanggung.



Gambar 2.4 Pengolahan Tembakau Sistem *Fire Curing*

5. *Flue curing*

Menggunakan panas buatan yang dialirkan pada pipa-pipa pemanas dengan menggunakan dapur pemanas sedangkan asap yang terbentuk dibuang melalui cerobong asap. Ruang pengeringan dilengkapi dengan jendela untuk ventilasi. Sumber panas yang digunakan dapat berupa alat kompor atau listrik. Pengolahan ini biasanya dilakukan pada tembakau virginia.

Pengolahan tembakau Madura menjadi rajangan harus memperhatikan beberapa tahapan berikut ini:

a. Panen

Tembakau rajangan Madura dipanen harus memperhatikan beberapa hal berikut ini:

1. Daun rajangan dipetik dari daun yang telah cukup masak. Biasanya berumur 90 – 120 hari. Daun yang dipetik terlalu muda (daun berwarna hijau muda), bila diperam akan sulit masak (menguning) dan bila dirajang akan menghasilkan tembakau rajangan kering yang berwarna hijau mati. Sebaliknya bila daun dipetik terlalu tua atau sudah melewati tingkat kemasakan (daun berwarna kekuning-kuningan dan bernoda coklat) bila

diperam akan banyak busuk dan bila dirajang akan menghasilkan rajangan kering dengan banyak noda hitam (Heri Istiana, 2003).

2. Tembakau rajangan dipanen dari daun tengah bawah hingga daun atas.
3. Kemasakan daun ditandai dengan perubahan warna dari hijau menjadi hijau kekuning-kuningan, tulang daun berwarna hijau terang (keputihan), ujung daun melengkung sedikit mengering dan permukaan agak kasar.

b. Pascapanen

Proses pengolahan tembakau Madura pascapanen menjadi tembakau rajangan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.5 Bagan Alir Pengolahan Tembakau



Gambar 2.6 Proses Pengolahan Tembakau Rajangan

Keterangan:

a = sortasi	f = penghamparan pada widig
b = pemeraman	g = penjemuran
c = penghilangan gagang	h = pembungkusan
d = penggulangan	
e = perajangan	

Yang harus diperhatikan pada pengolahan tembakau pada pascapanen adalah pada saat melakukan pemeraman, perajangan, dan pengeringan. Karena pemeraman memiliki peranan penting dalam menghasilkan mutu tembakau yang berkualitas. Kegiatan meneduhkan daun tembakau setelah pemetikan dengan cara daun-daun tembakau disusun pada posisi berdiri atau pangkal ibu tulang daun dibagian bawah dan jarak antar daun tidak begitu rapat. Tujuan pemeraman meningkatkan suhu agar aktifitas enzim berjalan lebih tinggi sehingga merombak klorofil dan pati sehingga diperoleh daun yang berwarna kuning dengan aroma khas. Proses pemeraman pada tembakau rajangan adalah proses yang identik dengan fase penguningan (*yellowing phase*) pada tembakau krosok yang diolah secara *flue cured*. Biasanya dilakukan 4 – 5 hari. Lama pemeraman tergantung tingkat kemasakan daun saat panen, posisi daun pada batang dan warna tembakau rajangan yang diinginkan (Joko Hartono, 1994).

Perajangan merupakan kegiatan memotong daun tembakau menjadi kecil-kecil dengan menggunakan alat perajang. Pada tembakau rajangan Madura tenggang waktu saat perajangan dengan penjemuran adalah 3 jam, sehingga perajangan paling awal yang masih memberikan mutu paling baik adalah pukul 03.00 (Joko Hartono, 1992). Lebar rajangan dikategorikan rajangan halus ukuran rajangan < 2 mm, rajangan sedang ukuran rajangan 2 – 3,5 mm, dan rajangan kasar dengan ukuran > 3,5 mm.

Penjemuran pada tembakau rajangan adalah merupakan proses pengikatan warna (*fixing*) dan sekaligus pengeringan (*drying*). Sehingga pada proses ini ada tujuan yaitu mengikat warna yang telah terbentuk setelah proses pemeraman dan perajangan serta menguapkan kandungannya sehingga menjadi tembakau menjadi kering. Untuk tembakau rajangan warna kuning (hijau kekuningan) cerah maka penjemuran harus selesai dalam satu hari. Tetapi untuk

tembakau rajangan yang berwarna lebih gelap maka penjemuran dilakukan dalam beberapa hari disertai dengan proses pengembunan hingga warna yang dikehendaki terbentuk (Joko Hartono, 2013). Pengeringan dilakukan dengan cara penjemuran di bawah sinar terik matahari dengan tujuan menurunkan kadar air. Tingkat kekeringan dinilai baik (kadar air tembakau rajangan kering diperkirakan maksimal 12%), cukup (kadar air tembakau rajangan kering diperkirakan maksimal 13%), sedang (kadar air tembakau rajangan kering diperkirakan maksimal 14%), dan kurang (kadar air tembakau rajangan kering diperkirakan lebih dari 14%) (Thomas Santoso, 2001). Daun tembakau hasil rajangan diletakkan di atas widig dan dijemur diusahakan selalu tegak lurus dengan datangnya cahaya matahari dan tidak menyentuh tanah.

2.2 Proses Pengeringan Tembakau

Proses pengeringan adalah suatu proses penguapan atau penurunan kadar air dari suatu bahan sehingga kadar airnya setimbang pada suhu normal (Henderson dan Perry, 1982). Menurut Brooker et al (1974) pengeringan merupakan proses pengurangan kadar air bahan sehingga mencapai kadar air tertentu dan menghambat laju kerusakan bahan akibat aktifitas biologis dan kimia. Tujuan dari pengeringan adalah mengurangi atau menghilangkan kadar air bahan sampai batas di mana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pengrusakan atau pembusukan pada bahan. Dengan demikian bahan yang dikeringkan dapat mempunyai waktu simpan yang lama (Henderson dan Perry, 1982).

Adapun beberapa parameter yang mempengaruhi proses pengeringan (Brooker et al, 1974) yaitu:

1. Suhu Udara Pengering

Suhu udara pengering berpengaruh terhadap lama pengeringan dan kualitas bahan hasil pengeringan. Makin tinggi suhu udara pengering maka proses pengeringan makin singkat.

2. Kelembaban Relatif Udara Pengering

Kelembaban relatif udara adalah perbandingan massa uap air aktual pada volume yang diberikan dengan masa uap air saturasi pada temperatur yang

sama. Kelembaban mutlak udara berpengaruh terhadap pemindahan cairan dari dalam ke permukaan bahan. Kelembaban relatif juga menentukan besarnya tingkat kemampuan udara pengering dalam menampung uap air di permukaan bahan. Semakin rendah RH udara pengering, makin cepat pula proses pengeringan yang terjadi, karena mampu menyerap dan menampung uap air lebih banyak dari pada udara dengan RH yang tinggi.

3. Kecepatan Udara Pengering

Udara berfungsi sebagai pembawa panas untuk menguapkan kandungan air pada bahan serta mengeluarkan uap air tersebut. Air dikeluarkan dari bahan dalam bentuk uap dan harus secepatnya dipindahkan dari bahan. Aliran udara yang cepat akan membawa uap air dari permukaan bahan dan mencegah uap air tersebut menjadi jenuh di permukaan bahan. Semakin besar volume udara yang mengalir, maka semakin besar pula kemampuannya dalam membawa dan menampung air dari permukaan bahan.

4. Kadar Air Bahan

Kadar air bahan menunjukkan massa bahan sebelum dikeringkan dikurangi dengan massa setelah dikeringkan persatuan massa bahan sebelum dikeringkan. Dalam perhitungan ini berlaku rumus sebagai berikut (Kms Ridhuan, 2011).:

$$Kat = \frac{mb-mk}{mb} \times 100 \quad (2.1)$$

dengan:

Kat = kadar air kering (%),

mb = massa bahan sebelum dikeringkan (gram),

mk = massa bahan setelah dikeringkan (gram).

Laju massa pengeringan menggunakan perhitungan (Firmansyah B, 2011).

$$v = \frac{mb-mk}{t} \quad (2.2)$$

dengan:

v = laju massa bahan yang dikeringkan (gram/menit),

mb = massa bahan sebelum dikeringkan (gram),

mk = massa bahan setelah dikeringkan (gram),

t = waktu pengeringan (menit).

Pengeringan tembakau rajangan pada penelitian kali ini menggunakan metode pengeringan tipe rak. *Tray dryer* atau alat pengering berbentuk rak

mempunyai bentuk persegi dan di dalamnya berisi rak-rak yang digunakan sebagai tempat bahan yang akan dikeringkan. Bahan diletakkan di atas rak (*tray*) yang terbuat dari logam dengan alas yang berlubang-lubang. Kegunaan dari lubang-lubang ini untuk mengalirkan udara panas dan uap air. Luas rak yang digunakan beraneka ragam tergantung pada bahan yang akan dikeringkan.

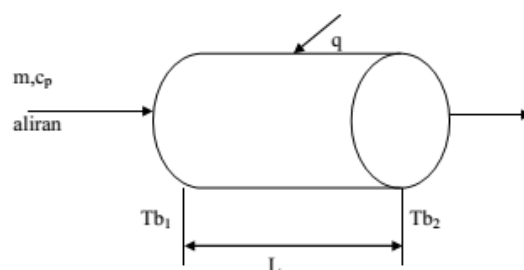
Selain alat pemanas udara, biasanya menggunakan kipas (*fan*) atau blower untuk mengatur sirkulasi udara dalam alat pengering. Udara setelah melewati kipas masuk ke dalam alat pemanas. Suhu yang digunakan serta waktu pengeringan ditentukan menurut keadaan bahan, kadar awal dan kadar akhir yang diharapkan. Pada alat ini udara dipanaskan terlebih dahulu kemudian dialirkan diantara rak-rak yang sudah berisi bahan. Arah aliran udara panas di dalam alat pengering bisa dari atas ke bawah dan juga bisa dari bawah ke atas. Ini disesuaikan dengan ukuran bahan yang akan dikeringkan (Muchamad Taufiq, 2004) .

2.3 Perpindahan Panas

Perpindahan panas yang terjadi pada proses pengeringan tembakau yang terjadi secara konveksi.

2.3.1 Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas oleh gerakan atau aliran massa pada fluida dari daerah bertemperatur tinggi ke daerah bertemperatur rendah, dari suatu daerah ruang ke daerah lainnya, dengan adanya elemen yang berpindah. Proses pemanasan atau pendinginan fluida yang mengalir didalam saluran tertutup seperti pada Gambar 2.4 merupakan contoh proses perpindahan panas (J.P Holman, 2010).



Gambar 2.7 Perpindahan Panas Konveksi (J.P Holman, 2010)

Pada umumnya laju perpindahan panas dapat dinyatakan dengan Hukum pendinginan Newton sebagai berikut (J.P Holman, 2010):

$$q_{kv} = h_{kv} A (T_b - T_f) \quad (2.3)$$

dengan:

q_{kv} = laju perpindahan panas konveksi (Watt),

h_{kv} = koefisien transfer panas konveksi (Watt/m². K),

A = luas permukaan bahan (m²),

T_b = temperatur pada bahan (K),

T_f = temperatur fluida (K).

Perpindahan kalor secara konveksi dibedakan menjadi 2 yaitu (J.P Holman, 2010):

a. Konveksi Paksa

Konveksi paksa terjadi dimana fluida dialirkan oleh media lain seperti *fan*, pompa atau kompresor.

b. Konveksi Alami

Konveksi alami terjadi dimana pergerakan fluida disebabkan oleh adanya gaya apung yang meningkat karena perbedaan densitas.

Selama proses pengeringan tembakau rajangan menggunakan sistem oven dengan rak bertingkat terjadi proses perpindahan panas secara konveksi paksa karena aliran fluida dipercepat menggunakan blower. Menurut Ningrat (2006) proses percepatan dilakukan agar dapat memberikan kecepatan perpindahan kalor yang tinggi dan penyebaran kalor yang cepat dan rata.

Koefisien transfer panas konveksi merupakan bagian yang sangat menentukan besarnya laju konveksi (Kreith. F, 1994). Koefisien transfer panas konveksi (h) bukan merupakan sifat dari fluida tetapi merupakan parameter yang didapatkan dari eksperimen yang nilainya tergantung pada variabel-variabel yang mempengaruhi konveksi misalnya kecepatan fluida, bentuk permukaan pipa pemanas, jarak antar rak, dan sifat-sifat fluida.

Salah Satu cara untuk menghitung koefisien transfer panas konveksi adalah melalui persamaan empirik. Persamaan empirik dapat diperoleh dengan mengkorelasikan data eksperimental dengan bantuan analisis dimensional (Welty, 2004).

2.4 Analisis Dimensional Perpindahan Panas Konveksi

Analisis perpindahan panas dapat dilakukan dengan analisa dimensional dengan pendekatan dalil π (ϕ) Buckingham sehingga didapatkan suatu fungsi-fungsi tanpa dimensi. Dalam mekanika fluida terdapat 4 dimensi dasar atau dimensi primer yaitu: panjang (L), waktu (θ), suhu (T), dan massa (M) dikenal dengan sistem $ML\theta T$. Untuk sistem $ML\theta TFQ$ terdiri dari empat dimensi dasar ditambah gaya (F) dan panas (Q). Menurut Welty (2004) variabel-variabel, simbol-simbol dan representasi dimensional konveksi paksa sebagai berikut.

Tabel 2.2 Besaran-Besaran Fisik yang Berhubungan dengan Perpindahan Panas

Variabel	Simbol	Dimensi
Diameter pipa	D	[L]
Konduktivitas termal fluida	k	[Q/θLT]
Kecepatan fluida	v	[L/θ]
Kerapatan fluida	ρ	[M/L ³]
Viskositas fluida	μ	[M/Lθ]
Kapasitas panas fluida	C_p	[Q/MT]
Koefisien perpindahan panas	h	[Q/θL ² T]

Sumber: Welty, 2004

Berdasarkan metode π Buckingham, pengelompokan variabel jumlah grup tak berdimensi ada tiga (Welty, 2004), sedangkan $rank$ dari matriks dimensionalnya ada empat. Apabila D , k , μ , v adalah keempat variabel yang menjadi inti, maka didapatkan tiga grup π yang terbentuk sebagai berikut:

$$\pi_1 = D^a k^b \mu^c v^d \rho$$

$$\pi_2 = D^e k^f \mu^g v^h C_p$$

$$\pi_3 = D^i k^j \mu^k v^l h$$

Pemecahan persamaan-persamaan di atas akan diperoleh hubungan:

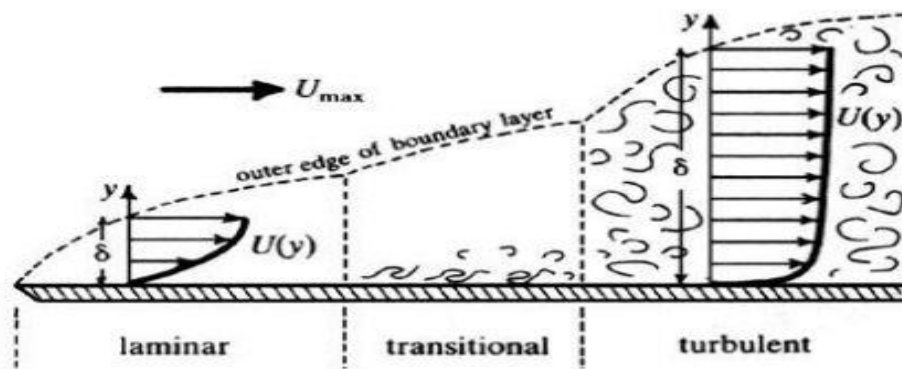
$$\pi_1 = \frac{D v \rho}{\mu} = Re \quad \text{bilangan (Reynolds)} \quad (2.4)$$

$$\pi_2 = \frac{\mu C_p}{k} = Pr \quad \text{bilangan (Prandtl)} \quad (2.5)$$

$$\pi_3 = \frac{h D}{k} = Nu \quad \text{bilangan (Nusselt)} \quad (2.6)$$

2.5 Aliran Fluida

Aliran fluida ada dua macam yaitu aliran laminar dan aliran turbulen. Aliran laminar merupakan aliran yang fluidanya bergerak secara teratur dalam lapisan-lapisan dan partikel fluida bergerak menurut lintasan sepanjang garis aliran. Partikel fluida bergerak dalam urutan yang teratur tanpa ada yang saling mendahului. Aliran turbulen merupakan aliran yang fluidanya bergerak secara acak dan tidak teratur demikian juga arah dan lintasan yang dilaluinya juga tidak teratur (Welty, 2004).



Gambar 2.8 Berbagai Daerah Aliran Lapisan Batas di Atas Plat Rata

Nilai dari bilangan Reynold (Re) digunakan untuk menentukan sifat aliran fluida. Apabila nilai $Re < 2300$ merupakan aliran laminar, $Re = 2300$ merupakan aliran transisi, dan $Re > 2300$ merupakan aliran turbulen. Maka persamaan bilangan reynold (Re) adalah (Welty, 2004):

$$Re = \frac{D v \rho}{\mu} \quad (2.7)$$

dengan,

Re = bilangan Reynold,

D = diameter tabung (m^2),

v = kecepatan aliran udara (m/s),

ρ = densitas fluida (Kg/m^3),

μ = viskositas dinamis fluida (Ns/m^2).

Persamaan bilangan Nusselt pada saat pertukaran antara pipa dengan fluida yang mengalir secara turbulen dapat dituliskan (J.P Holman, 2010):

$$Nu_d = 0,023 Re_d^{0,8} Pr^n \quad (2.8)$$

dengan:

Nu_d = bilangan Nusselt,

Re = bilangan Renold,

Pr = bilangan Prandtl,

n = 0,4 (jika fluida dipanaskan), 0,3 (jika fluida didinginkan).

Koefisien laju konveksi paksa pada aliran pipa tertutup, persamaan bilangan Nusselt dapat diganti dengan persamaan bilangan Staton yaitu (J.P Holman, 2010):

$$S_t = \frac{h}{\rho \vartheta c_p} \quad (2.9)$$

dengan:

St = bilangan Staton,

h = koefisien laju konveksi ($W/m^2.K$),

ρ = densitas fluida (Kg/m^3),

v = kecepatan aliran udara (m/s),

C_p = kapasitas panas fluida ($J/Kg.K$).

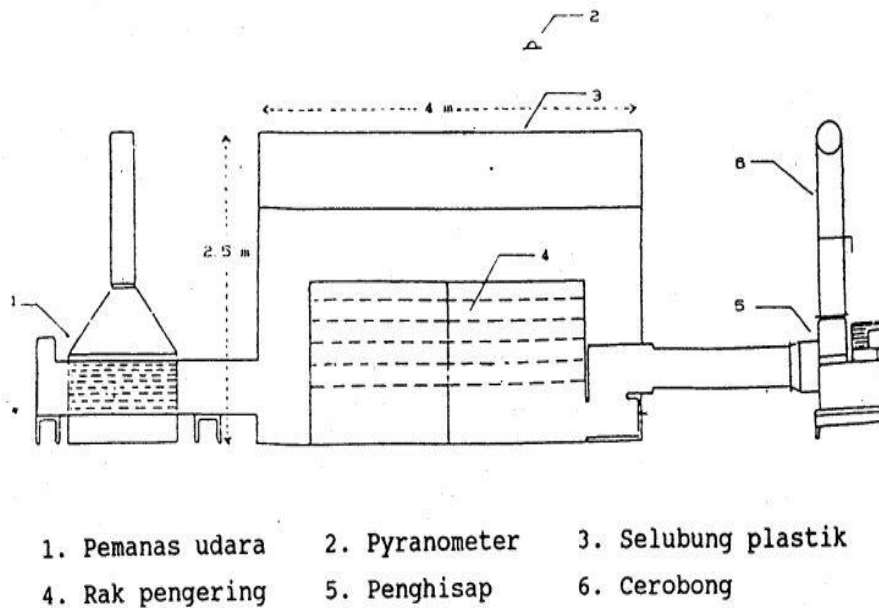
Colburn (Kreith, 1994) menyarankan bagi fluida yang mempunyai bilangan Prandtl pada daerah 0,5 sampai 100, dalam menentukan bilangan Staton dapat menggunakan persamaan:

$$S_t = 0,023 R_e^{-0,2} P_r^{-2/3} \quad (2.10)$$

2.6 Bangunan dan Alat Pengering Tembakau

Menurut Garner (1951) untuk mendirikan oven tembakau harus memperhatikan syarat-syarat seperti lokasi, harus dekat dengan kebun, kuat terhadap tiupan angin, dan di atas tanah mempunyai drainase yang baik. Beberapa bangunan dan alat pengering tembakau yang pernah dibuat oleh beberapa peneliti diantaranya:

1. Konstruksi oven tembakau virginia dengan bahan bakar LPG (Samsuri Tirtosastro, Darmono, dan Abi Dwi Hastono, 1999). Alat pengering tembakau berupa bangunan berbentuk rumah dengan dinding batu bata yang dilengkapi sistem pemanas udara dan ventilasi. Pengering atau oven dengan bahan bakar LPG (liquid petroleum gas), umumnya mempunyai ukuran $4\text{ m} \times 4\text{ m} \times 7\text{ m}$ dengan kapasitas muat 1, 5 – 2, 0 ton daun tembakau ($14 - 16\text{ kg/m}^3$) seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.9. Konstruksi Oven Tembakau Virginia (Samsuri, 1992)

2. Kontruksi oven pengeringan tembakau dengan sistem *hybrid* (Dwi Aries Himawanto dan Muhammad Nadjib, 2013). Alat pengering tembakau terbuat dari *acrylic* dengan tebal 1,5 mm pada dinding dengan ukuran ruang pengering $2,7 \times 2,7 \times 2,2 \text{ m}^3$ dengan ruang ventilator berdiameter 50 cm. Tungku pembakaran untuk mendapatkan udara panas guna pengeringan dengan ukuran $1 \times 0,52 \times 1,2 \text{ m}^3$ seperti Gambar 2.8.



Gambar 2.10 Konstruksi Oven dengan Sistem Pengeringan *Hybrid* (Dwi Aries Himawanto dan Muhammad Nadjib, 2013)

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian dan Tempat Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan merupakan jenis penelitian laboratorium dan tempat penelitian di Laboratorium Fisika Instrumentasi ITS.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini diantaranya adalah oven, *heater*, termometer digital, termokopel k, *anemometer*, *blower*, *timer*, dan timbangan digital. Bahan yang digunakan adalah tembakau rajangan Madura.

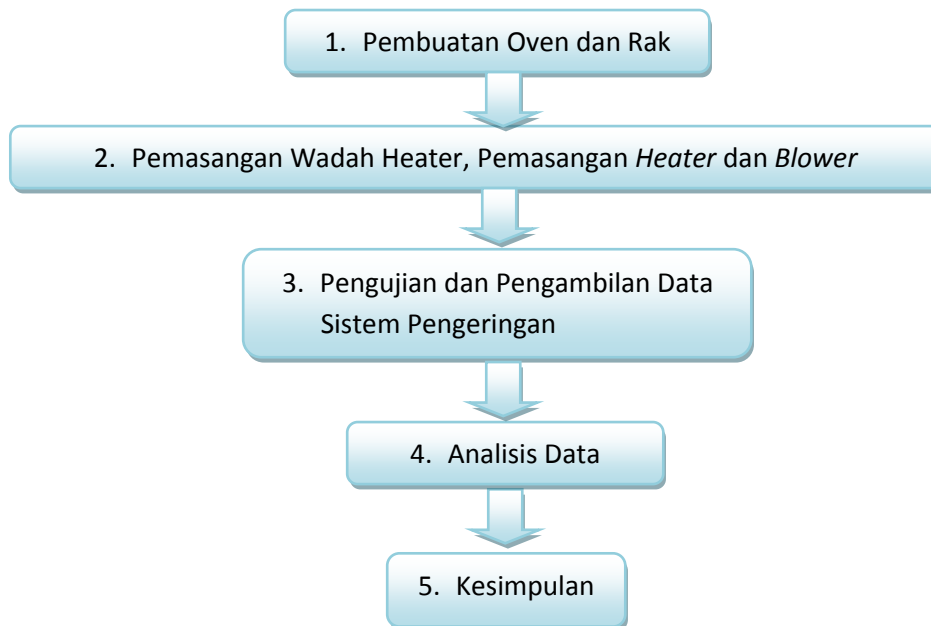
3.3 Parameter Penelitian

Parameter yang akan diteliti dalam penelitian ini meliputi:

- a. Suhu pengeringan ($^{\circ}\text{C}$)
- b. Kadar air (%)
- c. Kecepatan aliran udara pengeringan (m/s)

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam 4 tahapan. Tahapan pertama pembuatan oven, kedua pembuatan wadah *heater*, pemasangan *heater*, baling-baling dan *blower*, ketiga pengujian dan pengambilan data perangkat sistem pengeringan yang telah dibuat dan keempat menganalisis data sehingga menghasilkan sebuah kesimpulan. Untuk tahapan-tahapan penelitian dapat ditampilkan dalam bentuk diagram alir (Gambar 3.1).

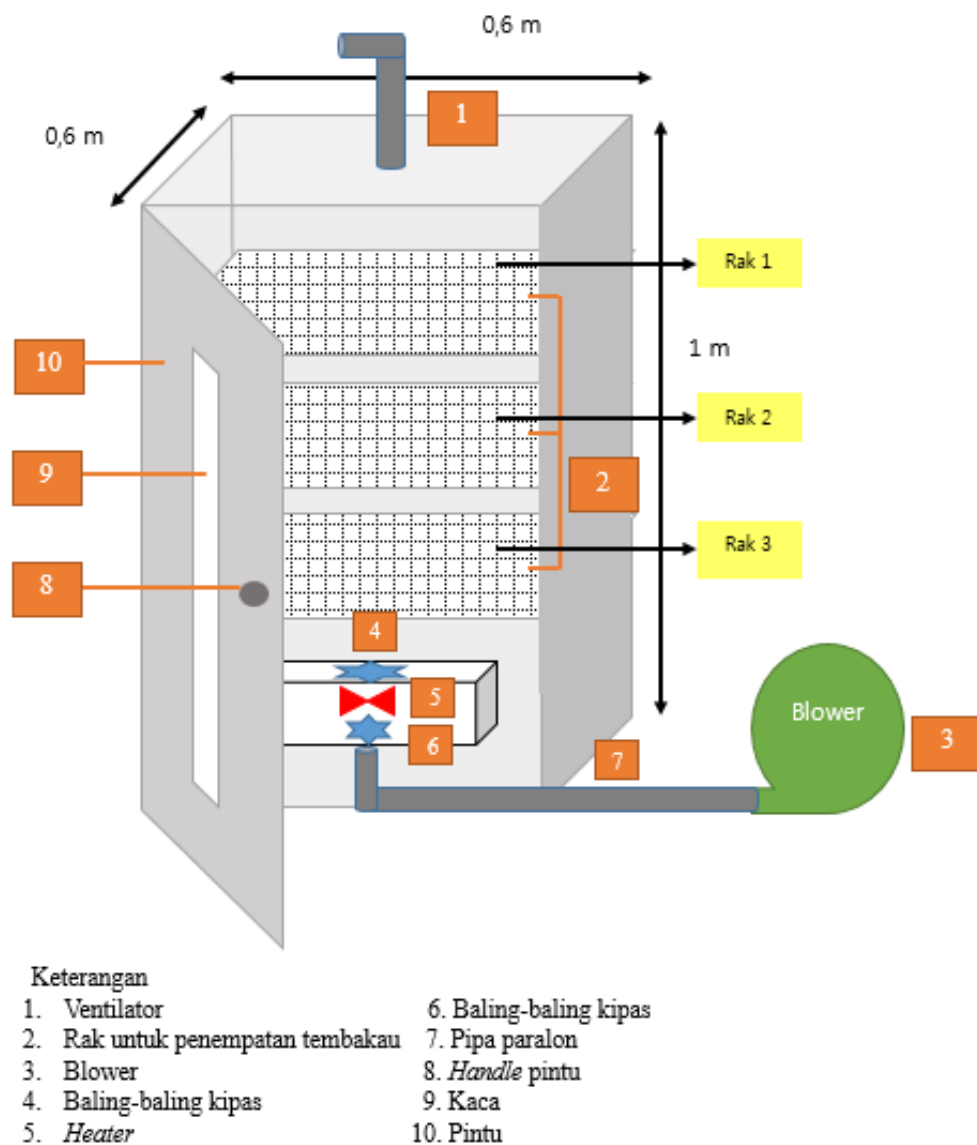


Gambar 3.1 Bagan Alir Tahapan Penelitian

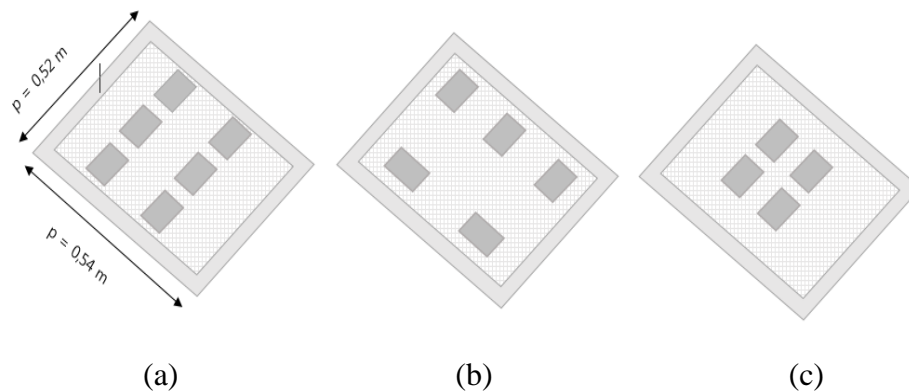
3.4.1 Pembuatan Oven dan Rak

Penelitian diawali dengan membuat oven berbentuk balok. Dinding sebagai kerangka dibuat menggunakan bahan multiplek dengan tebal 15×10^{-3} m dengan ukuran $0,6 \times 0,6 \times 1$ m³. Pada bagian dalam disisipkan *styrofoam* dengan tebal 15×10^{-3} m yang berfungsi sebagai bahan isolator untuk mengisolasi panas pada ruangan pengering sehingga panas tidak banyak keluar dari ruang sistem pengering. Setelah itu dilapisi plat seng dengan ketebalan 1×10^{-2} m sebagai kolektor panas yang berperan untuk menyimpan panas sehingga menjaga agar suhu ruang tidak cepat turun. Desain ruang pengering sesuai Gambar 3.2. Rak pengering dibuat dari kayu ring sebagai kerangka dengan tebal 12×10^{-3} m. Ukuran rak pengering $0,54 \times 0,52$ m² dan kawat nyamuk sebagai landasan untuk bahan yang akan dikeringkan. Kawat nyamuk dipasang pada rangka kayu dengan menggunakan paku payung kecil. Untuk mengoptimalkan kapasitas dari bahan yang akan dikeringkan maka dibuat 3 tingkatan rak dengan jarak antar rak 0,2 m seperti pada Gambar 3.3. Tiap rak terdapat tatanan kecil berukuran $0,20 \times 0,11$ m² yang terbuat dari seng. Rak 1 memiliki 6 tatanan kecil, rak 2 memiliki 5 tatanan kecil, rak 3 memiliki tatanan 4 kecil. Tujuan diletakkannya tatanan kecil pada

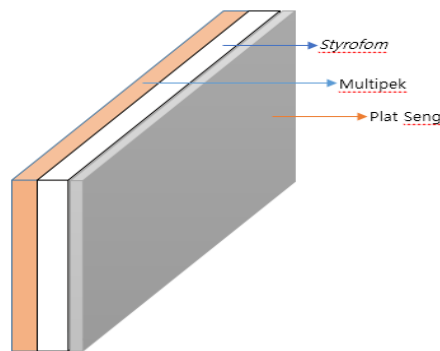
masing-masing rak secara berjajar selain untuk mempermudah tempat peletakkan daun rajangan juga agar memiliki suatu pola dasar yaitu untuk rak 1 diletakkan paling atas jarak antar tatanan kecil dikonstruksi rapat, kemudian rak 2 ditengah-tengah dikonstruksi kurang rapat, demikian pada rak 3 paling bawah dikonstruksi renggang. Asumsi ini dibuat agar terdapat rongga udara panas dapat naik ke rak yang lebih atas. Rongga ini nantinya untuk mengalirkan panas secara konveksi ke atas sehingga memungkinkan kondisi tercapainya distribusi temperatur secara homogen.



Gambar 3.2 Desain Oven Pengering



Gambar 3.3 Gambar Rak Pengering (a) Rak 1, (b) Rak 2, (c) Rak 3



Gambar 3.4 Pelapisan Kerangka Oven

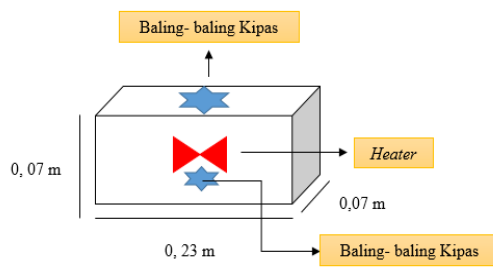
3.4.2 Penggunaan *Heater*, Pembuatan Wadah *Heater*, dan *Blower*

Elemen pemanas (*heater*) yang digunakan dalam penelitian ini jenis tubular *heater* dengan bahan terbuat dari logam terlihat pada Gambar 3.5. 2 *heater* yang digunakan masing-masing memiliki daya (P) 250 watt dan daya (P) 350 watt dengan tegangan (v) 20 volt. 2 buah *heater* ini disusun secara seri. Kemudian *heater* ditempatkan didalam sebuah wadah yang terbuat dari seng dengan ukuran $0,23 \times 0,07 \times 0,07\text{ m}^3$. Di dalam dan diatas kotak terdapat baling-baling kipas yang berfungsi untuk meratakan udara panas ke segala ruang pengering. Desain wadah *heater* seperti pada Gambar 3.6. *Heater* sangat penting pada alat pengering karena elemen ini berfungsi sebagai sumber panas atau sebagai media untuk merubah energi listrik menjadi energi panas. *Blower* yang digunakan

adalah *blower* keong berfungsi untuk mengalirkan udara panas dari *heater* ke bahan yang akan dikeringkan. Lihat Gambar 3.7.



Gambar 3.5 Pemanas Jenis Tubular *Heater*



Gambar 3.6 Wadah *Heater*



Gambar 3.7 Blower Keong

3.4.3 Pengujian dan Pengambilan Data

Untuk mendapatkan nilai-nilai parameter yang dicari dalam penelitian digunakan alat yang menunjang antara lain:

a. Suhu

Sensor yang digunakan adalah termokopel jenis k dengan yang memiliki jangkauan temperatur 0 – 400 °C. Suhu diukur dengan menggunakan termometer digital dengan merk lutron TM-903A pada Gambar 3.8.



(a)



(b)

Gambar 3.8 Alat Ukur: (a) Termokopel Tipe K, (b) Termometer Digital

b. Kadar air

Ditentukan dengan cara menimbang berat basah tembakau rajangan sebelum dikeringkan dan dengan berat kering rajangan setelah dikeringkan menggunakan timbangan digital lihat Gambar 3.9. Kemudian dihitung prosentase penurunan kadar air menggunakan persamaan 2.1.



Gambar 3.9 Timbangan Digital

c. Kecepatan aliran udara

Kecepatan aliran udara yang diukur meliputi kecepatan udara panas yang keluar dari sumber pemanas dan yang kecepatan udara panas yang keluar dari cerobong. Untuk menguji bahwa kecepatan udara pengering telah sesuai, maka digunakan *anemometer* merk dekho FM 7905C lihat Gambar 3.10.



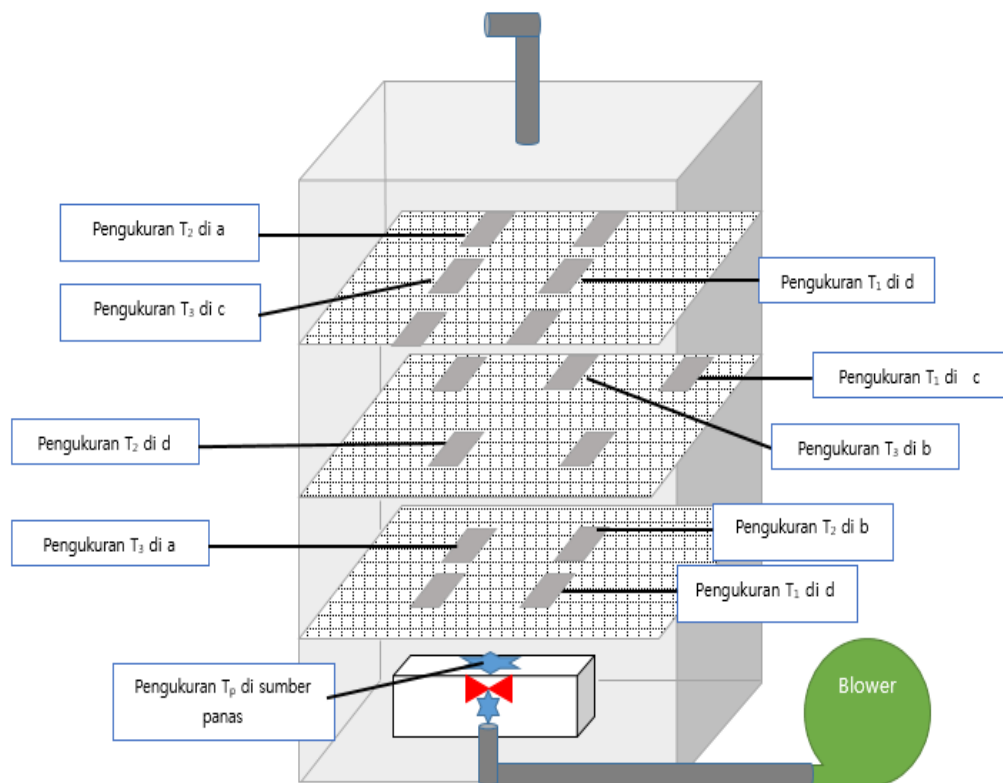
Gambar 3.10 *Anemometer* Digital

Tahap Pengujian dan Pengambilan Data

Pengujian dilakukan dalam penelitian ini meliputi proses pengeringan, jumlah daun yang akan dikeringkan (kg), waktu proses pengeringan, perubahan suhu selama proses pengeringan baik suhu di dalam oven meliputi suhu pada rak pertama, rak kedua serta rak ketiga sesuai pada Gambar 3.11. Begitu juga menentukan kecepatan aliran udara yang mengalir dari blower ke baling-baling kipas dan yang keluar dari cerobong. Beberapa tahapan pengujian dilakukan seperti berikut:

- a. Memasang dan memastikan peralatan yang digunakan dalam pengujian seperti termometer digital, *anemometer* terpasang dengan benar dan berfungsi dengan baik.
- b. Menimbang dan mencatat tembakau yang akan dikeringkan menggunakan timbangan digital.
- c. Menempatkan daun tembakau pada rak oven yang telah disediakan.
- d. Mengatur kecepatan blower yang telah ditentukan dengan menggunakan *regulator voltage*.
- e. Mengukur suhu di dalam oven sebelum pengeringan dimulai.
- f. Menghidupkan *heater* 5 menit terlebih dahulu dengan keadaan ruang sistem tertutup rapat kemudian setelah itu blower dihidupkan dan penutup cerobong asap dibuka.

- g. Mengukur dan mencatat seluruh data temperatur, kecepatan aliran udara yang keluar setiap 5 menit sampai waktu pengeringan maksimum yang dibutuhkan untuk mengeringkan bahan.
- h. Mematikan *heater* dan blower.
- i. Menimbang tembakau yang sudah dikeringkan.
- j. Mengulangi langkah percobaan a sampai dengan g dengan memvariasi waktu pengeringan.



Gambar 3.11 Desain Pengambilan Data

3.4.4 Analisis Data

Dari data yang diperoleh berupa suhu, kecepatan aliran udara, dan waktu pengeringan. Proses yang dilakukan selanjutnya adalah:

- a. Menganalisis distribusi suhu, kadar air, dan laju pengeringan.
- b. Menghitung laju perpindahan panas secara konveksi.

Setelah melakukan perhitungan besaran di atas berdasarkan data yang didapat maka disusun grafik perubahan suhu terhadap waktu, grafik penurunan kadar air terhadap waktu, pengaruh laju pengeringan terhadap waktu.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Sistem Pembuatan Alat Pengering

Pada penelitian ini telah dirancang dan dibuat oven sebagai media untuk mengeringkan tembakau dengan menggunakan kerangka sistem yang terbuat dari multiplek setebal 15×10^{-3} m berukuran $0,6 \times 0,6 \times 1,0$ m³. Bagian dalam sistem disisipkan *styrofoam* setebal 15×10^{-3} m serta seng setebal 1×10^{-3} m seperti pada Gambar 4.1. Untuk bagian atap sistem, dipasangkan paralon sebagai cerobong asap dengan panjang 0,32 m berdiameter 0,05 m dan dilengkapi dengan penutup cerobong, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Dwi aries himawanto dkk (2013) ruang pengering berukuran $2,7 \times 2,7 \times 2,2$ m³ terbuat dari *acrylic* dengan tebal 15×10^{-3} m dan ventilator untuk mengusir uap air berdiameter 15×10^{-3} m.



(a)



(b)



(c)



(d)



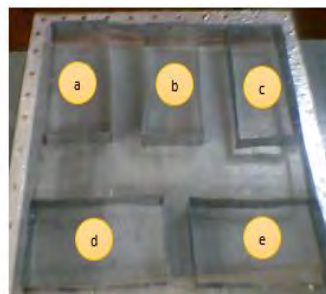
(e)

Gambar 4.1 Tahapan Pembuatan Oven : (a) Pembuatan Kerangka dari Multiplek (b) Pemasangan *Styrofom* (c) Pemasangan Seng (d) Paralon sebagai Cerobong Asap (e) Sistem Pengeringan Secara Keseluruhan

Oven pengering dilengkapi oleh 3 rak yang bisa digeser keluar masuk ruang pengering. Rak 1 berada diletakkan paling atas dekat dengan atap pengering, rak 2 berada di tengah dan rak 3 berada di bawah dekat dengan sumber panas. Rak dibuat menggunakan kayu ring dengan ketebalan 12×10^{-3} m, berukuran $0,54 \times 0,52$ m² dan kawat nyamuk sebagai landasan bahan yang akan dikeringkan. Tiap rak nantinya dilengkapi tatanan kecil yang terbuat dari bahan seng dengan ukuran $0,20 \times 0,11$ m² ditunjukkan pada Gambar 4.2. Penelitian yang dilakukan oleh Samsuri Tirtosastro (1992) bangunan rak pengering terbuat dari bahan papan kayu dengan tebal 1×10^{-3} m.



(a)



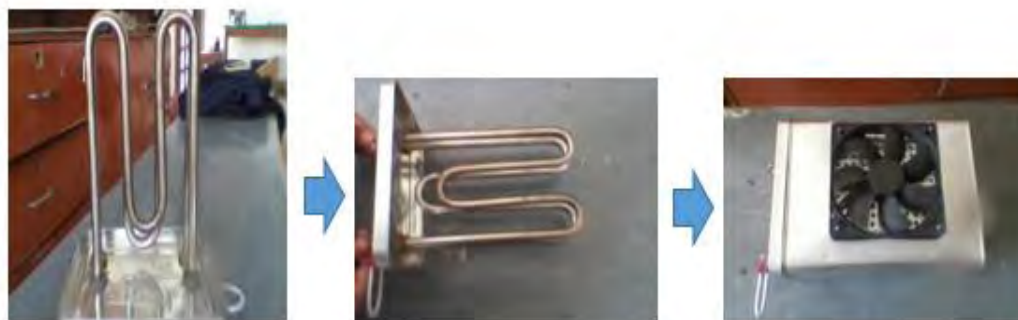
(b)



(c)

Gambar 4.2 Rak : (a) Rak 1 Terdapat 6 Tatanan Kecil (b) Rak 2 Terdapat 5 Tatanan kecil (c) Rak 3 Terdapat 4 Tatanan Kecil

Sumber pemanas menggunakan tubular *heater* dengan total daya listrik 600 watt dan tegangan 220 volt. *Heater* nantinya dilekatkan pada wadah kotak yang terbuat dari seng berukuran $0,23 \times 0,07 \times 0,07 \text{ m}^3$. Diatas dan dibawah kotak terdapat baling-baling kipas dc 12 volt yang berfungsi untuk meratakan aliran udara panas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3. Pada penelitian yang dilakukan Dwi aries himawanto dkk (2013) sumber pemanas menggunakan sinar matahari dan gabungan antara sinar matahari dan tambahan tungku pembakaran berukuran $1 \times 0,52 \times 1,2 \text{ m}^3$ yang dilengkapi dengan cerobong asap. yang terbuat dari plat besi. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Samsuri Tirtosastro (1992) mempunyai dua sumber energi yaitu pembakaran LPG dan energi surya.



Gambar 4.3 Sumber Pemanas dari Heater

Bagian akhir dari sistem adalah pemasangan sumber pemanas dan blower. Sumber pemanas diletakkan di dalam ruang pengering pada bagian bawah sistem. Pada bagian bawah wadah sumber pemanas diberi lubang dengan diameter $5 \times 10^{-2} \text{ m}$ untuk tempat saluran pipa paralon ke blower seperti pada Gambar 4.4 Fungsi dari blower itu sendiri yaitu untuk mengalirkan udara panas dan menggerakkan baling-baling kipas dc 12 volt. Blower.



(a)



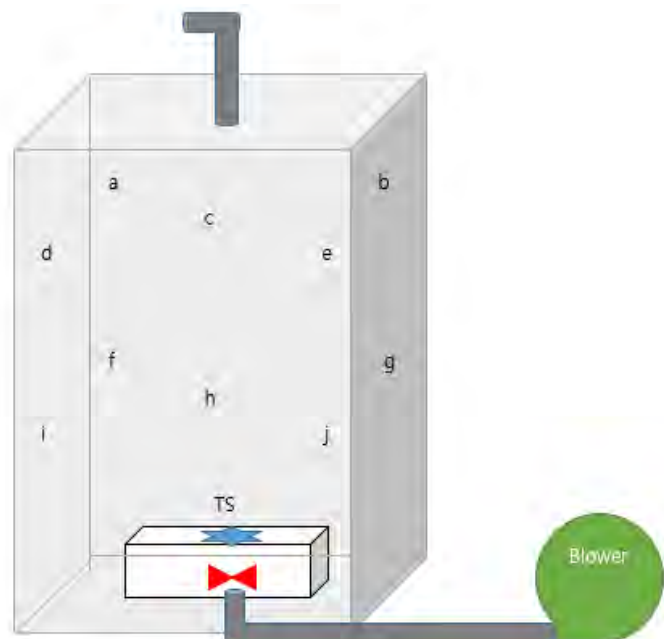
(b)

Gambar 4.4 Peletakan Sumber Pemanas: (a) Lubang Saluran Untuk Blower (b) Sumber Pemanas Diletakkan Tepat di Atas Lubang Saluran Blower

4.2 Analisa Distribusi Suhu, Kadar Air, dan Laju Pengeringan

4.2.1 Pengujian Pertama

Percobaan pertama pengujian alat pengering tanpa beban dilakukan pada ruang pengering kosong. Titik-titik pengukuran suhu Seperti pada Gambar 4.5. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui penyebaran udara panas ke dalam ruang pengering dan mengetahui kinerja instalasi elemen pemanas.



Gambar 4.5 Titik-Titik Pengukuran Suhu Pada Ruang Kosong

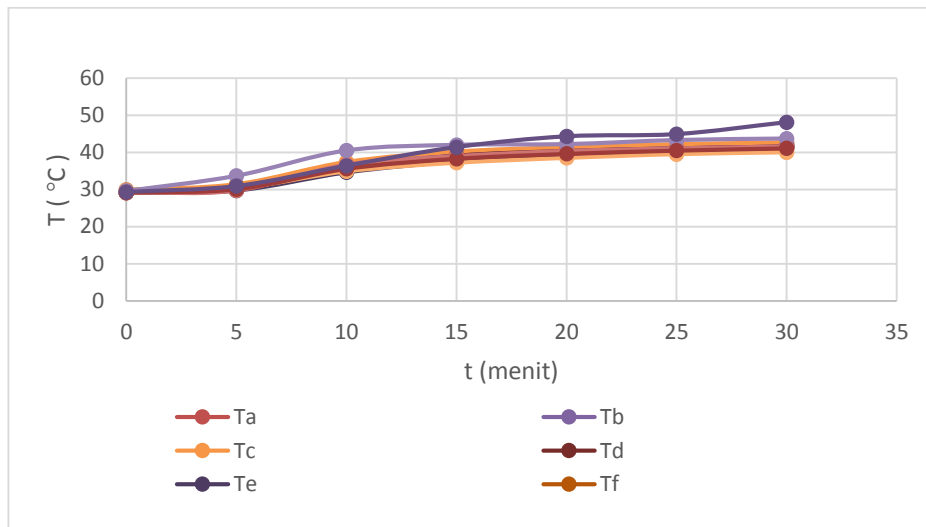
a. Distribusi Suhu

Grafik perubahan suhu di dalam ruang pengering kosong pada tiap-tiap titik disajikan pada Gambar 4.6. Kecepatan aliran udara yang digunakan sebesar 0,5 m/s dengan tegangan blower 50 volt. Percobaan ini dilakukan dengan menghidupkan sumber pemanas terlebih dahulu selama 5 menit dengan kondisi ruangan pengering tertutup semua. Setelah 5 menit blower dihidupkan dan penutup cerobong asap dibuka. Perubahan suhu dicatat setiap 5 menit sekali. Hasil distribusi suhu disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Distribusi Suhu Pada Ruang Kosong Pengering Selama 30 Menit

Keterangan	Suhu yang Dicapai (°C)	Suhu Tertinggi (°C) di Tatanan	Suhu Terendah (°C) di Tatanan
Sumber Pemanas	29,2 – 41,8	-	-
Titik a - e	29,1 – 42,7	c (29,9 – 42,7)	e (29,1 – 41,6)
Titik f - j	29,1 – 43,7	h (29,6 – 43,7)	j (29,2 – 41,1)

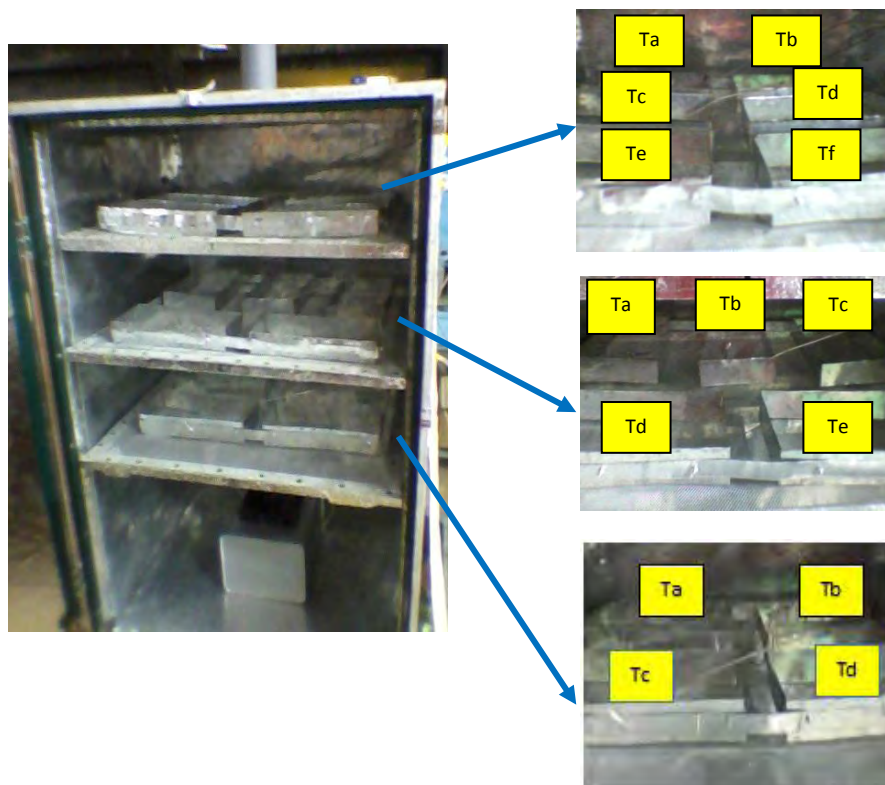
Pada Grafik 4.6 distribusi suhu dalam ruang kosong selama 30 menit cukup merata dan mengalami peningkatan suhu ditiap menitnya. Itu terjadi di semua titik pengukuran distribusi suhu. Ini dikarenakan udara panas yang bergerak dari bawah ke atas dan sampai keluar melalui cerobong asap tidak mengalami rintangan dalam pendistribusiannya sehingga semakin lama sumber panas dihidupkan semakin meningkat suhu di dalam ruangan pengering.



Gambar 4.6 Grafik Distribusi Suhu Terhadap Waktu Pada Ruang Pengering Kosong Selama 30 Menit

4.22 Pengujian Kedua

Pengujian kedua dengan rak terpasang, titik-titik pengukuran suhu Seperti pada Gambar 4.7. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui penyebaran udara panas tiap masing-masing rak dan tatanan.



Gambar 4.7 Titik-Titik Pengukuran Distribusi Suhu dengan Menggunakan Rak

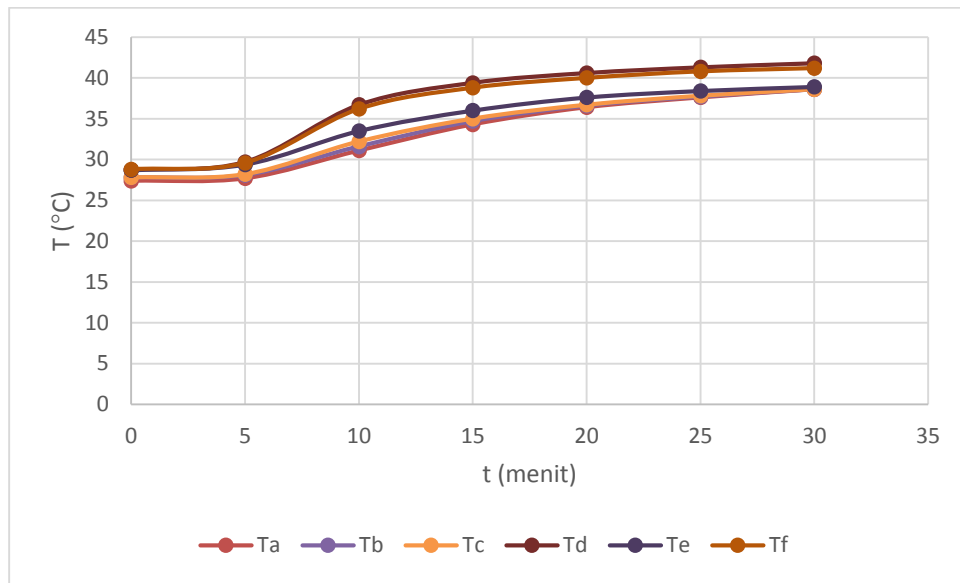
a. Distribusi Suhu

Percobaan kedua menggunakan rak. Perubahan suhu di dalam ruang pengering dengan rak terpasang diukur tiap tatanan kecil yang berada di masing-masing rak. Kecepatan aliran udara yang digunakan sebesar 0,5 m/s dengan tegangan blower 50 volt. Dilakukan dengan menyalakan sumber pemanas terlebih dahulu selama 5 menit dengan kondisi ruangan pengering tertutup semua. Setelah 5 menit blower dihidupkan dan penutup cerobong asap dibuka. Perubahan suhu dicatat setiap 5 menit sekali. Grafik pengukuran distribusi suhunya disajikan pada Gambar 4.8. Hasil distribusi suhu disajikan dalam Tabel 4.2.

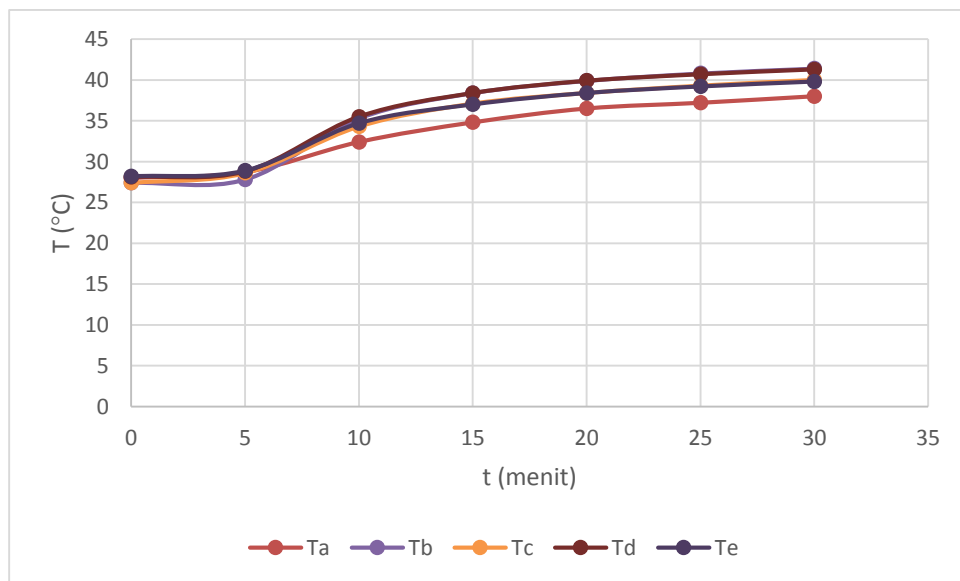
Tabel 4.2 Hasil Distribusi Suhu Pada Ruang Pengering dengan Rak Terpasang Selama 30 Menit

Keterangan	Suhu yang Dicapai (°C)	Suhu Tertinggi (°C) di Tatanan	Suhu Terendah (°C) di Tatanan
Sumber Pemanas	27,6 – 44,6	-	-
Suhu Keluar	28,8 – 31,1	-	-
Rak 1	27,4 – 41,8	d (28,7 – 41,8)	a (27,4 – 38,6)
Rak 2	27,4 – 41,4	b (27,4 – 41,4)	a (28 – 38)
Rak 3	27,4 – 41,9	c (27,5 – 41,9)	a (27,4 – 39,8)

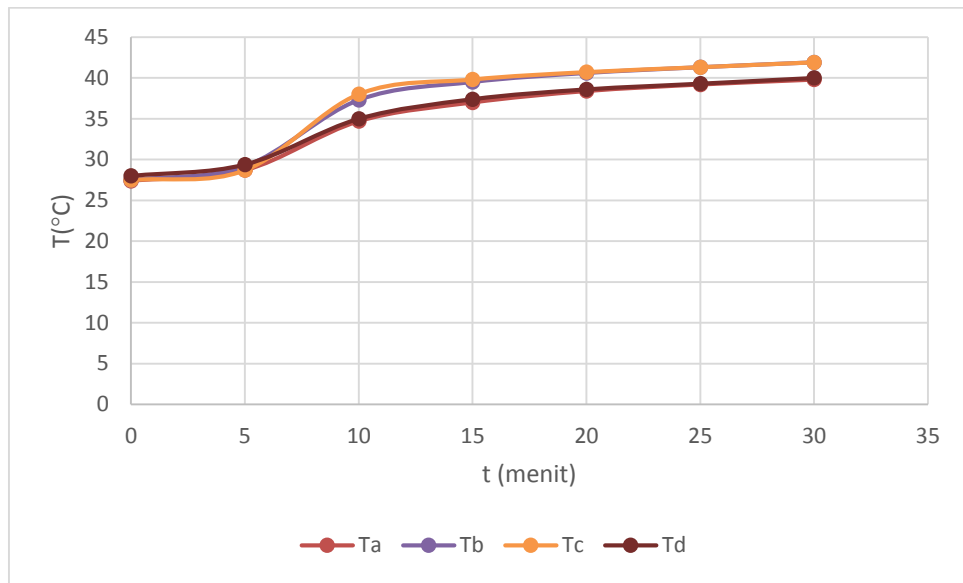
Udara panas bergerak dari bawah ke atas melewati rak 3, rak 2, dan rak 1 melalui celah-celah disekitar rak dan celah di tiap tatanan. Sesuai Gambar 4.8 hasil distribusi udara panas yang diterima di tiap rak cukup merata. Pergerakan udara panas yang bergerak dari bawah ke atas dan sampai keluar melalui cerobong asap tidak mengalami rintangan dalam pendistribusiannya.



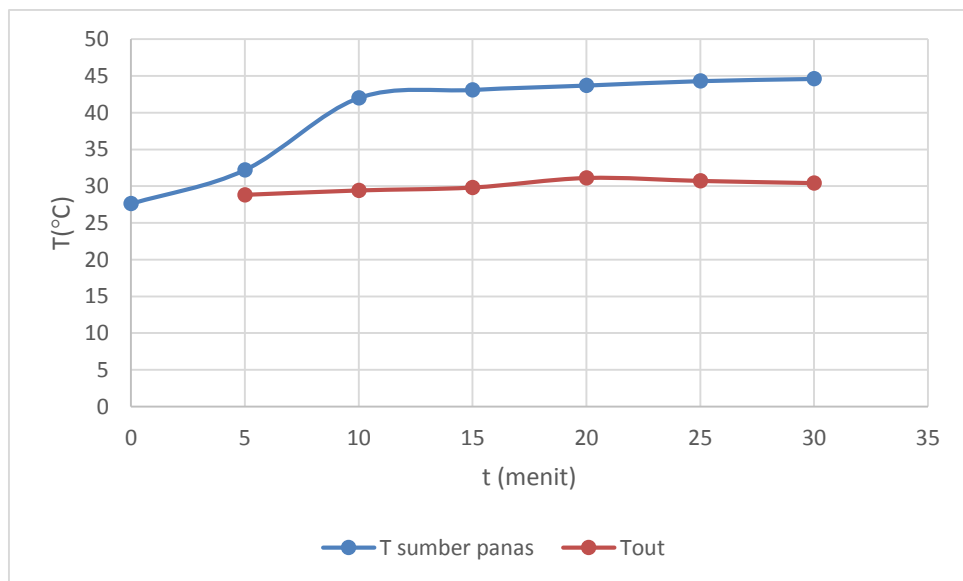
(a)



(b)



(c)



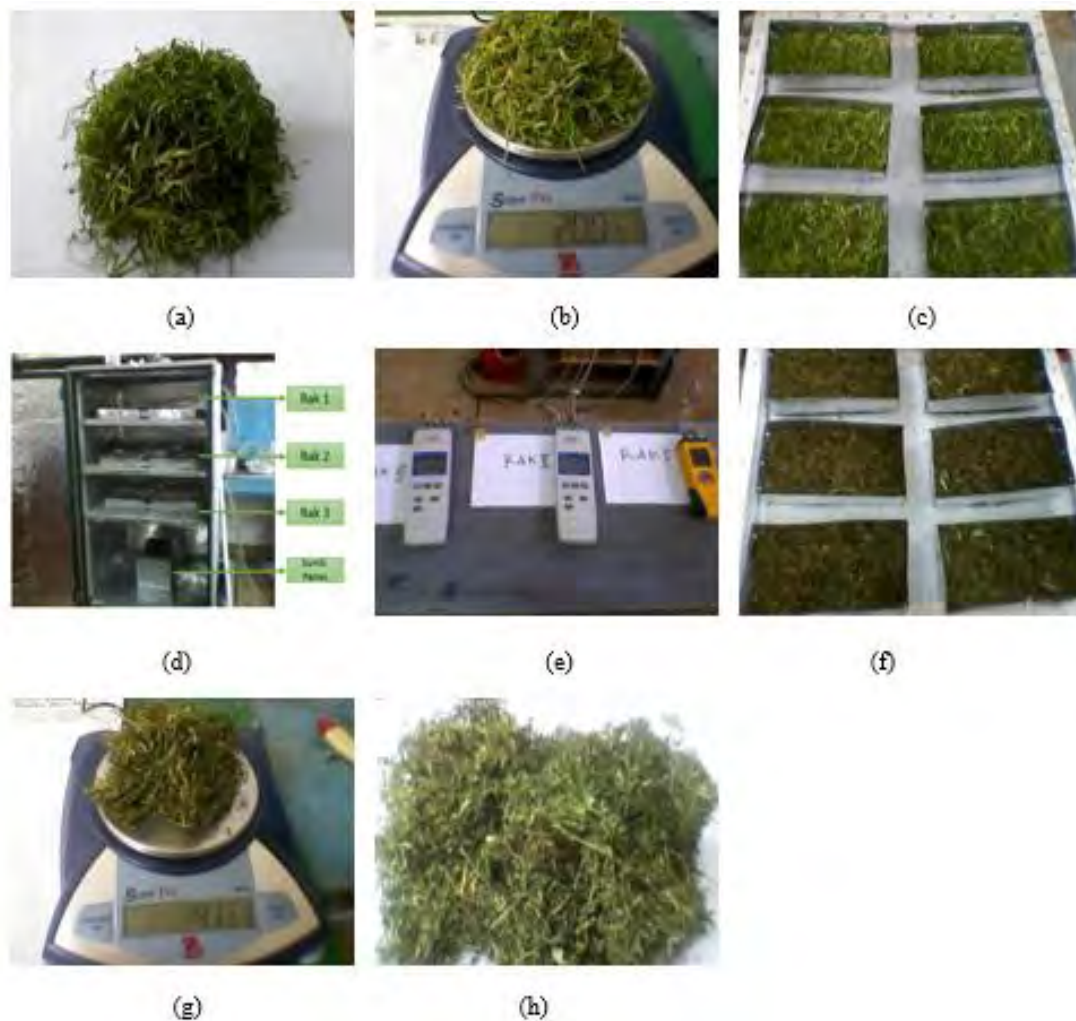
(d)

Gambar 4.8 Grafik Distribusi Suhu Terhadap Waktu Pada Ruang dengan Menggunakan Rak Tanpa Bahan: (a) Rak 1 Atas (b) Rak 2 Tengah (c) Rak 3 Bawah (d) Suhu Sumber Pemanas dan Suhu yang Keluar dari Cerobong

4.23 Pengujian Ketiga

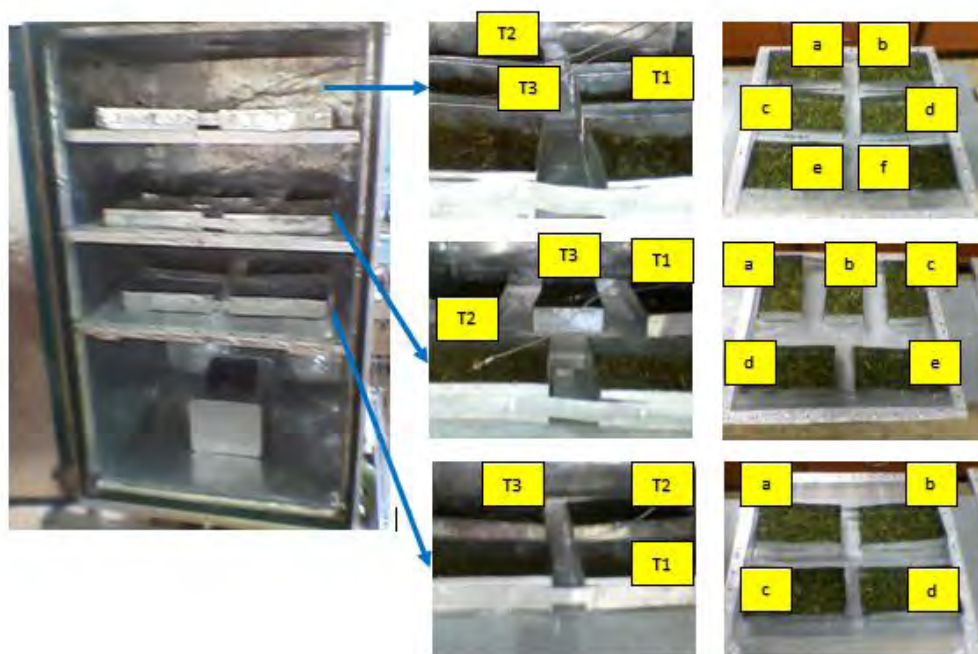
Selanjutnya pengeringan menggunakan rak dan bahan, proses pengeringan menggunakan rak dan diisi bahan tembakau rajangan. Sebelum dikeringkan tembakau hasil perajangan ditimbang massanya menggunakan timbangan digital. Massa yang digunakan sebesar 20 gram tiap tatanan kecil pada

masing-masing rak. Kemudian masing-masing rak ditempatkan sesuai tingkatannya, rak 1 berada di posisi atas, rak 2 berada di posisi tengah, dan rak 3 berada di posisi bawah. Sumber pemanas dinyalakan dengan lama pengeringan 20 menit, 30 menit dan 40 menit tiap masing-masing percobaan. Menggunakan kecepatan aliran udara pengering sebesar 0,5 m/s dengan tegangan blower 50 volt. Catat perubahan suhu, kecepatan aliran udara yang keluar dari cerobong asap tiap perubahan 5 menit sampai penentuan waktu pengeringan berakhir. Timbang kembali tembakau rajangan hasil pengeringan. Tahap Pengujian dan pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 4.9. Titik-titik pengukuran suhu Seperti pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Tahap Pengujian dan Pengambilan Data: (a) Tembakau Rajangan Sebelum Dikeringkan, (b) Menimbang Massa Awal Tembakau Rajangan,

(c) Penempatan Tembakau di Rak Tatanan, (d) Penempatan Rak Sesuai Tingkatan Posisi Dalam Oven, (e) Pengukuran Distribusi Suhu dengan Menggunakan Termometer Digital, (f) Hasil Pengeringan di Rak Tatanan Setelah Masuk Oven, (g) Menimbang Massa Akhir Tembakau Rajangan Setelah Dikeringkan, (h) Hasil Pengeringan.



Gambar 4.10 Titik-Titik Pengukuran Distribusi Suhu dengan Menggunakan Rak Terisi Bahan Tembakau Rajangan

Pada rak 1 pengukuran suhu dilakukan di 3 titik yang berbeda yaitu T_1 di tatanan d, T_2 di tatanan a, dan T_3 di tatanan c. Rak 2 pengukuran suhu dilakukan di 3 titik yang berbeda yaitu T_1 di tatanan c, T_2 di tatanan d, dan T_3 di tatanan b. Begitu juga pada rak 3 pengukuran suhu dilakukan di 3 titik yang berbeda yaitu T_1 di tatanan d, T_2 di tatanan b, dan T_3 di tatanan a. T_p untuk mengukur suhu pada sumber panas.

4.23.1 Pengeringan Selama 20 Menit

a. Distribusi Suhu

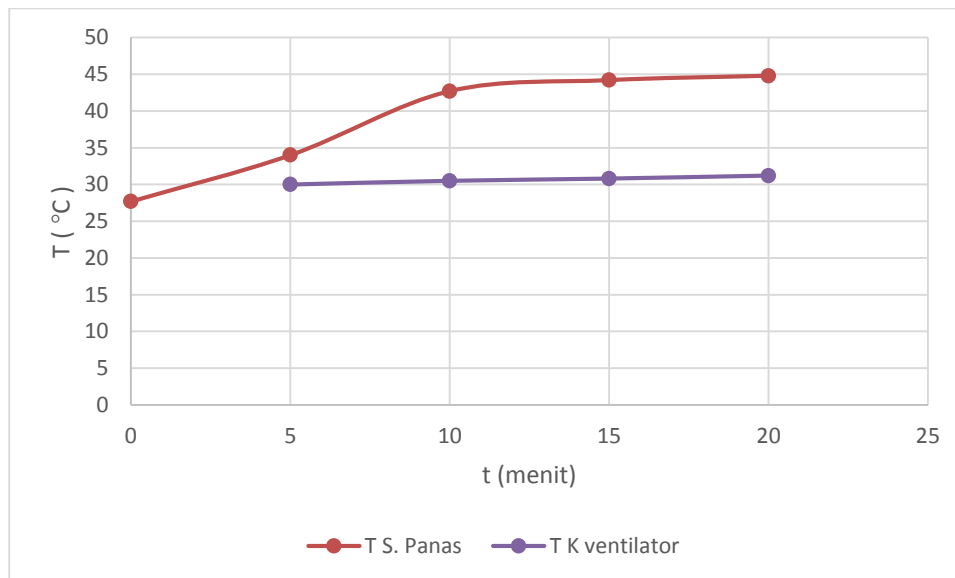
Proses pengeringan tembakau rajangan Madura pada pengujian pertama berlangsung 20 menit. Perubahan suhu pada pengujian dengan beban tembakau rajangan Madura disajikan pada Gambar 4.11. Sumber pemanas dihidupkan terlebih dahulu selama 5 menit dengan posisi ruang pengering tertutup rapat. Ini

bertujuan agar udara panas tersimpan merata di dalam ruang pengering. Setelah itu blower dihidupkan dan tutup cerobong asap (ventilator) dibuka. Hasil distribusi suhu disajikan dalam Tabel 4.3

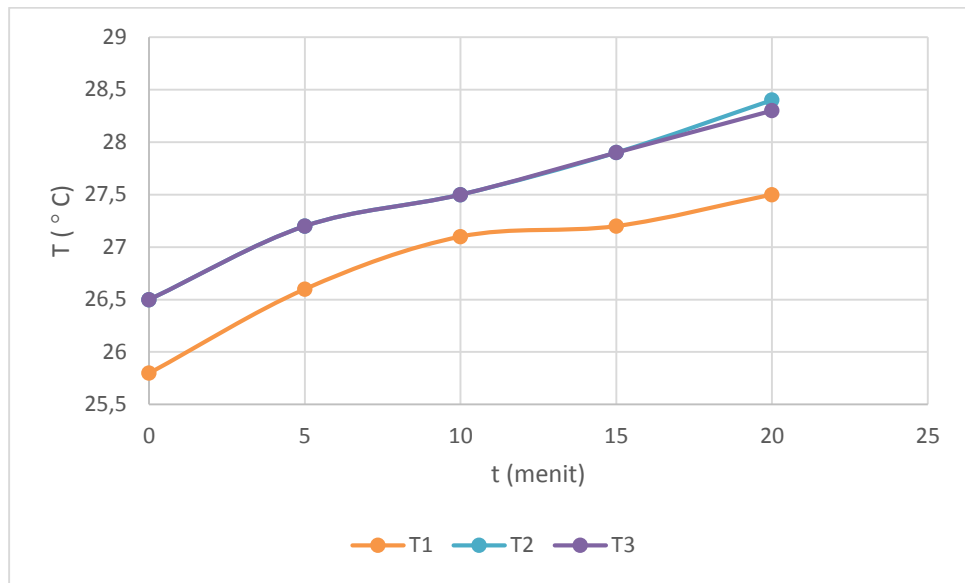
Tabel 4.3 Hasil Distribusi Suhu Pada Ruang Pengering dengan Rak Terpasang dan Bahan Tembakau Rajangan Selama 20 Menit

Keterangan	Suhu yang Dicapai (°C)	Suhu Tertinggi (°C) di Tatanan	Suhu Terendah (°C) di Tatanan
Sumber Pemanas	27,7 – 44,8	-	-
Suhu Keluar	30 – 31,2	-	-
Rak 1	25,8 – 28,4	a (26,5 – 28,4)	d (25,8 – 27,5)
Rak 2	26 – 28,8	c (26,1 – 28,8)	d (26 – 28)
Rak 3	26,2 – 30,3	a (26,8 – 30,3)	d (26,2 – 29,1)

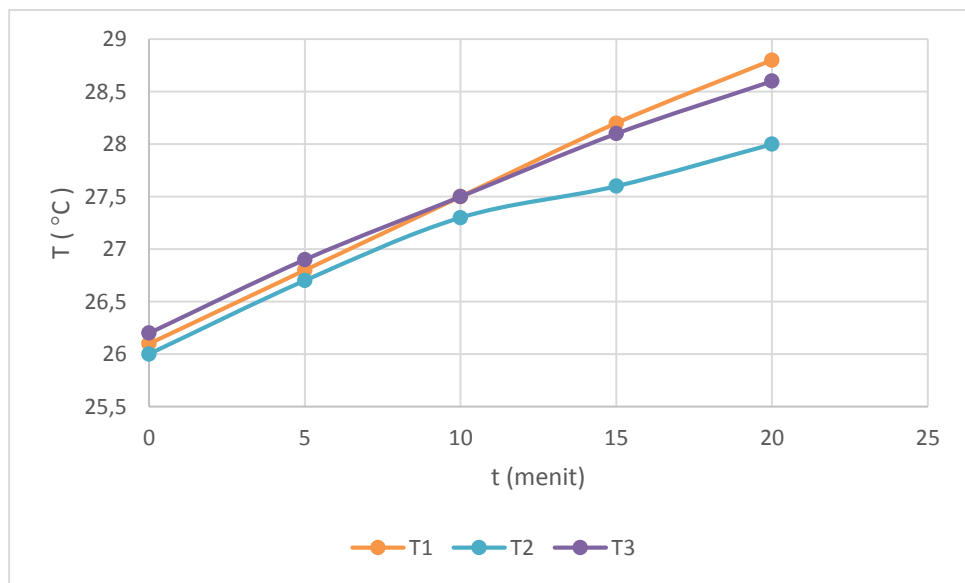
Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.



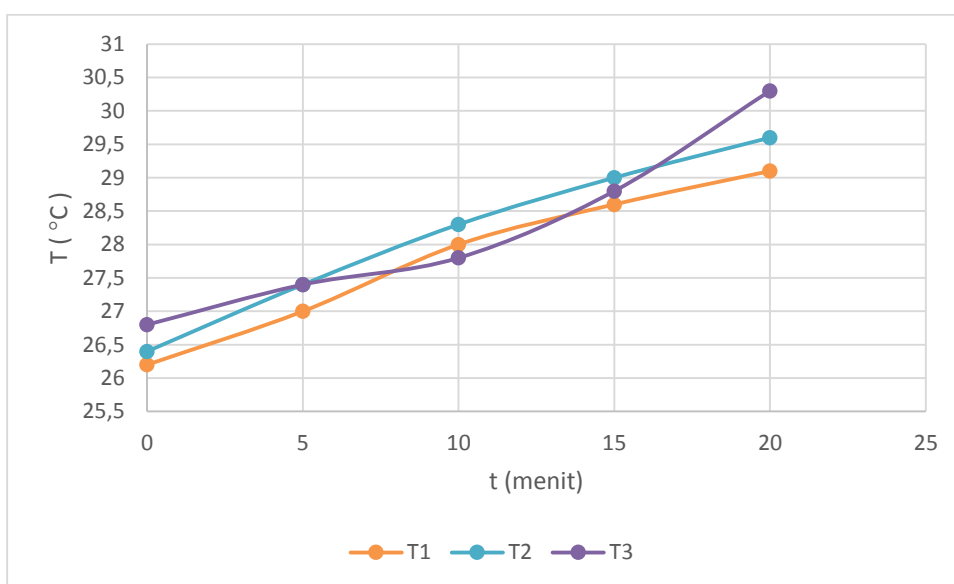
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.11 Grafik Perubahan Suhu Terhadap Waktu Pada Masing-Masing Rak dengan Beban Tembakau Rajangan dengan Lama Pengeringan 20 Menit: (a) Sumber Pemanas dan Keluaran Pada Ventilator (b) Suhu Pada Rak 1 Atas (c) Suhu Pada Rak 2 Tengah (d) Suhu Pada Rak 3 Bawah

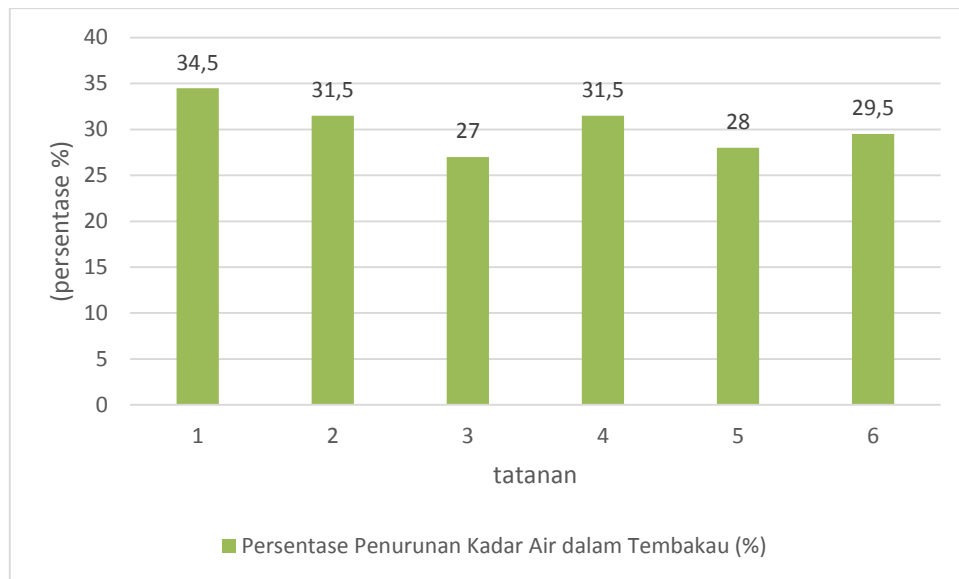
b. Kadar Air

Massa tembakau rajangan sebelum pengeringan pada semua suhu pengeringan adalah sama, yaitu 20 gram tiap tatanan kecil. Dengan menggunakan persamaan 2 diperoleh nilai persentase penurunan kadar air. Penurunan kadar air dalam ruang pengering pada masing-masing rak untuk pengujian pertama selama 20 menit disajikan pada Gambar 4.12. Setelah dikeringkan kadar air dalam tembakau mengalami penurunan. Hasil penurunan kadar air disajikan dalam tabel 4.4.

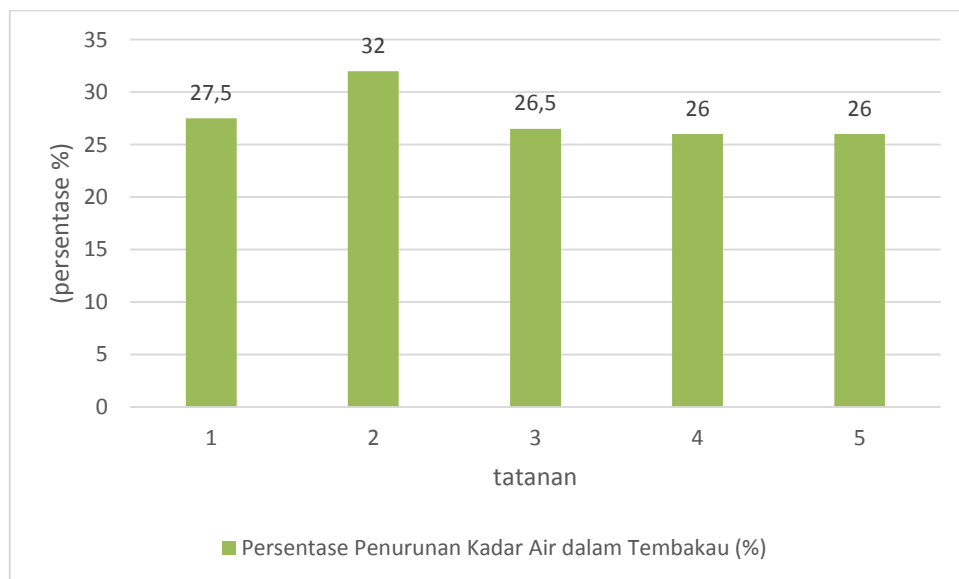
Tabel 4.4 Hasil Persentase Penurunan Kadar Air dengan Rak Terpasang dan Bahan Tembakau Rajangan Selama 20 Menit

Kadar Air	Persentase Penurunan yang Dicapai (%)	Persentase Penurunan Tertinggi (%) di Tatanan	Persentase Penurunan Terendah (%) di Tatanan
Rak 1	27 – 34,5	a (34,5)	c (27)
Rak 2	26 – 32	b (32)	d & e (26)
Rak 3	29 – 35	a (35)	d (29)

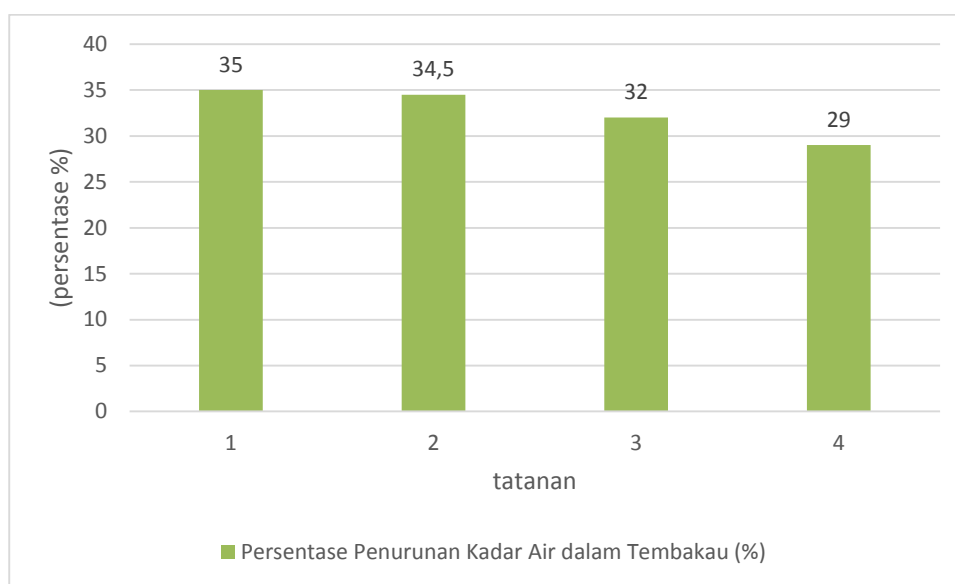
Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.12 Grafik Perubahan Kadar Air Tembakau Rajangan dengan Pengeringan Selama 20 menit: (a) Rak 1 Atas, (b) Rak 2 Tengah, (c) Rak 3 Bawah

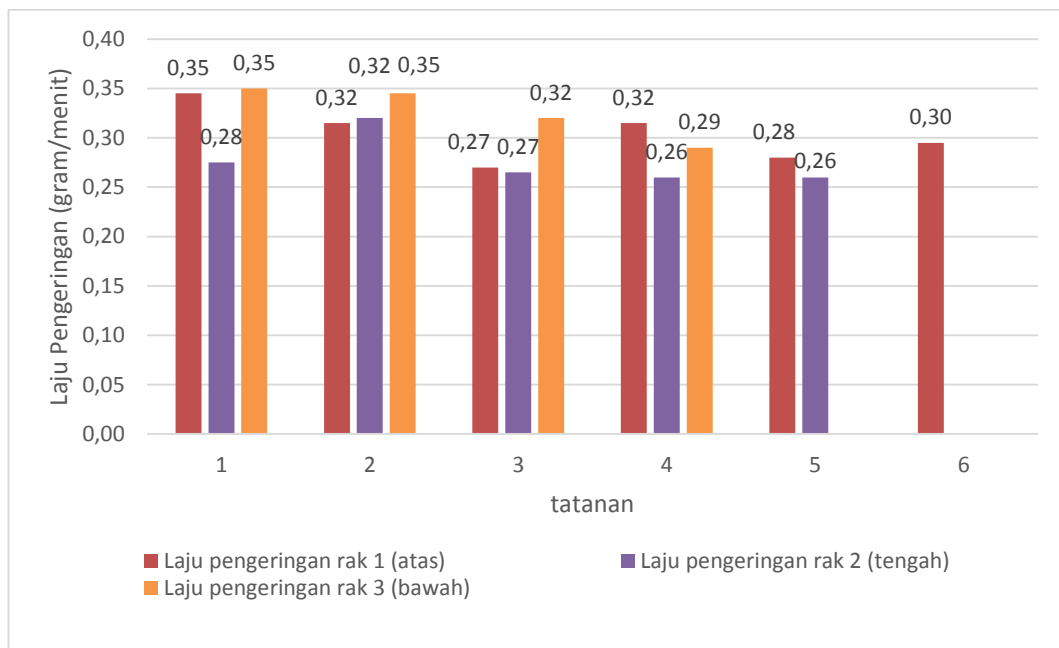
c. Laju Pengeringan

Penurunan kadar air tembakau rajangan erat hubungannya dengan laju pengeringan. Penghitungan laju pengeringan menggunakan persamaan 2.2. Grafik laju pengeringan selama 20 menit ditunjukkan pada gambar 4.13. Hasil laju pengeringan disajikan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Laju Pengeringan Bahan Tembakau Rajangan Selama 20 Menit

Keterangan	Laju Pengeringan yang Dicapai (gram/menit)	Laju Pengeringan Tertinggi (gram/menit) di Tatanan	Laju Pengeringan Terendah (gram/menit) di Tatanan
Rak 1	0,27 – 0,35	a (0,35)	c (0,27)
Rak 2	0,26 – 0,32	b (0,32)	d & e (0,26)
Rak 3	0,29 – 0,35	c & d (0,35)	d (0,29)

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.



Gambar 4.13 Grafik Laju Pengeringan Tembakau Rajangan dengan Pengeringan Selama 20 menit

4.23.2 Pengeringan Selama 30 Menit

a. Distribusi Suhu

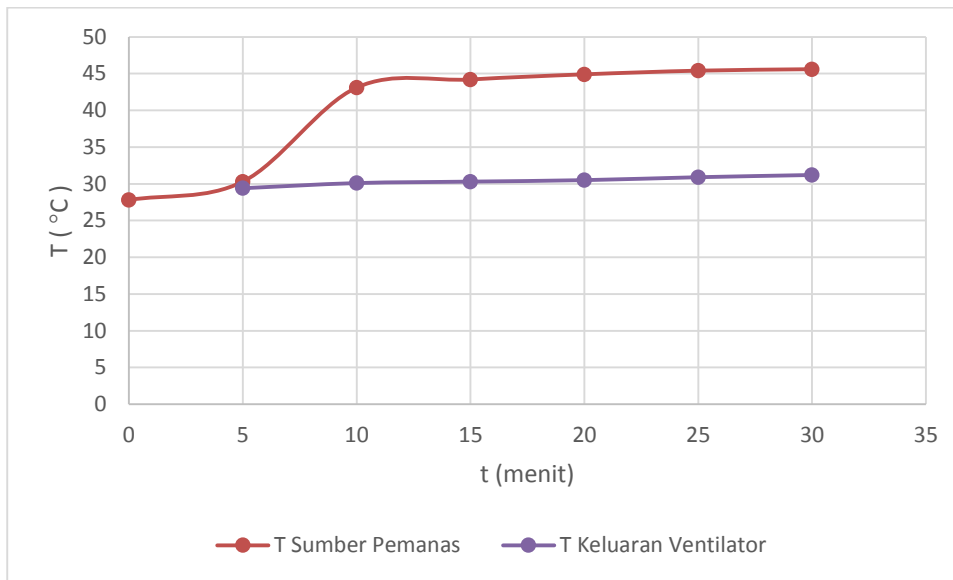
Pengeringan tembakau rajangan Madura pada pengujian kedua berlangsung 30 menit dengan kecepatan aliran udara sebesar 0,5 m/s. Perubahan suhu pada pengujian dengan beban tembakau rajangan Madura disajikan pada Gambar 4.14. Sama seperti percobaan pertama sumber pemanas dinyalakan terlebih dahulu selama 5 menit dengan posisi ruang pengering tertutup rapat. Setelah itu blower dihidupkan dan tutup cerobong asap (ventilator) dibuka. Hasil distribusi suhu disajikan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Distribusi Suhu Pada Ruang Pengering dengan Rak Terpasang dan Bahan Tembakau Rajangan Selama 20 Menit

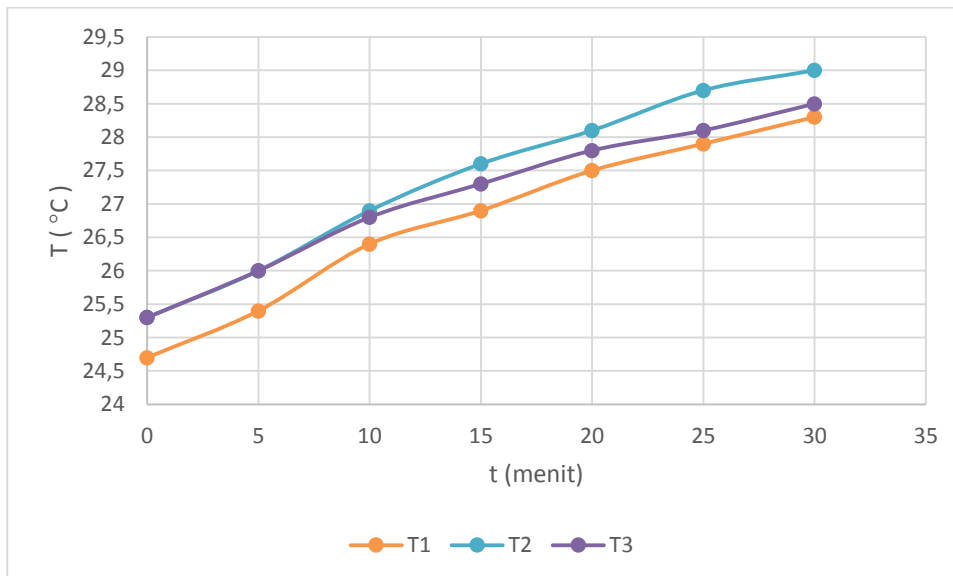
Keterangan	Suhu yang Dicapai (°C)	Suhu Tertinggi (°C) di Tatanan	Suhu Terendah (°C) di Tatanan
Sumber Pemanas	27,8 – 45,6	-	-
Suhu Keluar	29,4 – 31,2	-	-
Rak 1	24,7 – 29	a (25,3 – 29)	d (24,7 – 28,3)
Rak 2	24,7 – 28,9	c (25 – 28,9)	d (25 – 28,5)

Rak 3	25,3 – 29,8	a (25,4 – 29,8)	b (25,5 – 28,8)
-------	-------------	-----------------	-----------------

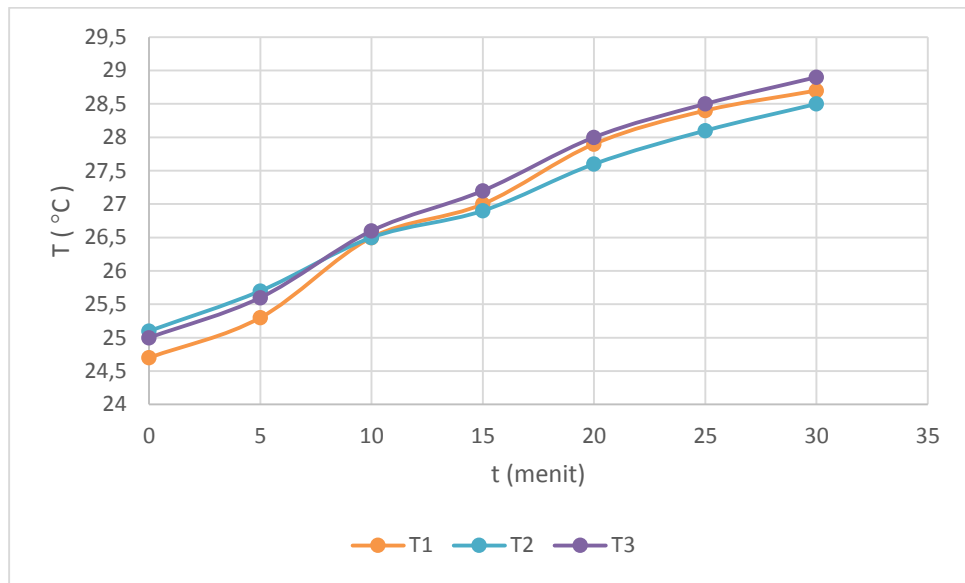
Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.



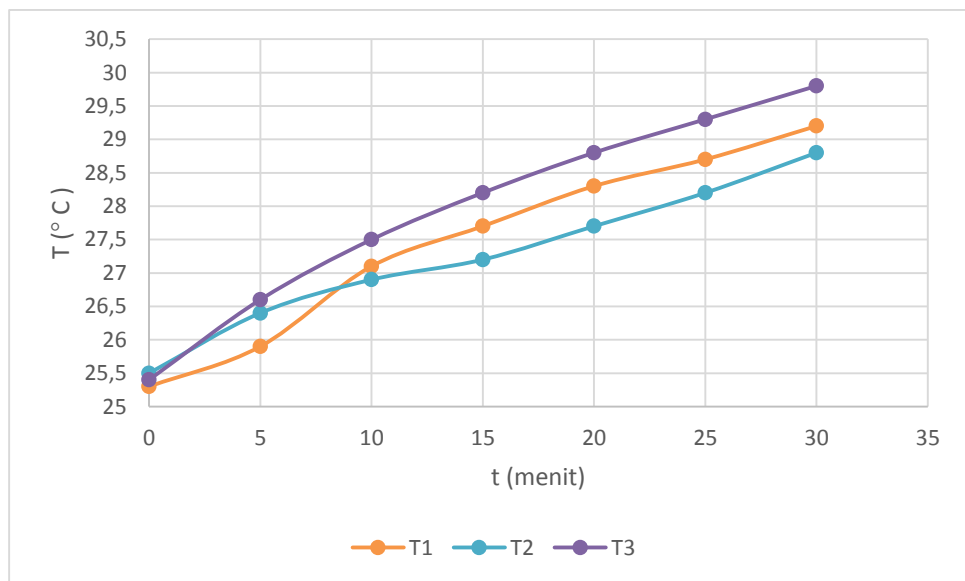
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.14 Grafik Perubahan Suhu Terhadap Waktu Pada Masing-Masing Rak dengan Beban Tembakau Rajangan dengan Lama Pengeringan 30 Menit: (a) Sumber Pemanas dan Keluaran Pada Ventilator, (b) Suhu Pada Rak 1, (c) Suhu Pada Rak 2, (d) Suhu Pada Rak 3

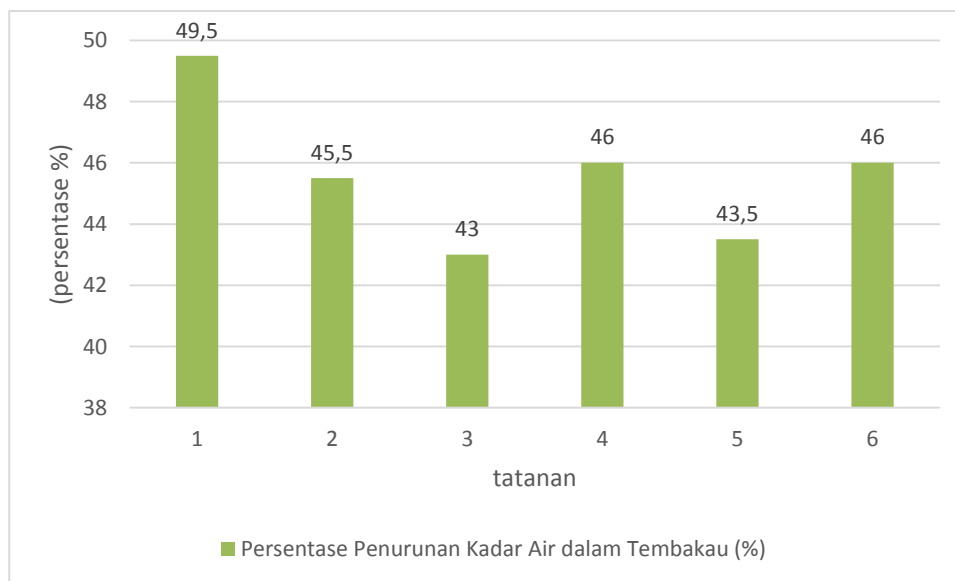
b. Kadar Air

Penurunan kadar air dalam ruang pengering pada masing-masing rak selama 30 menit disajikan pada Gambar 4.15. Dengan menggunakan persamaan 2 diperoleh nilai persentase penurunan kadar air. Hasil penurunan kadar air disajikan dalam tabel 4.7.

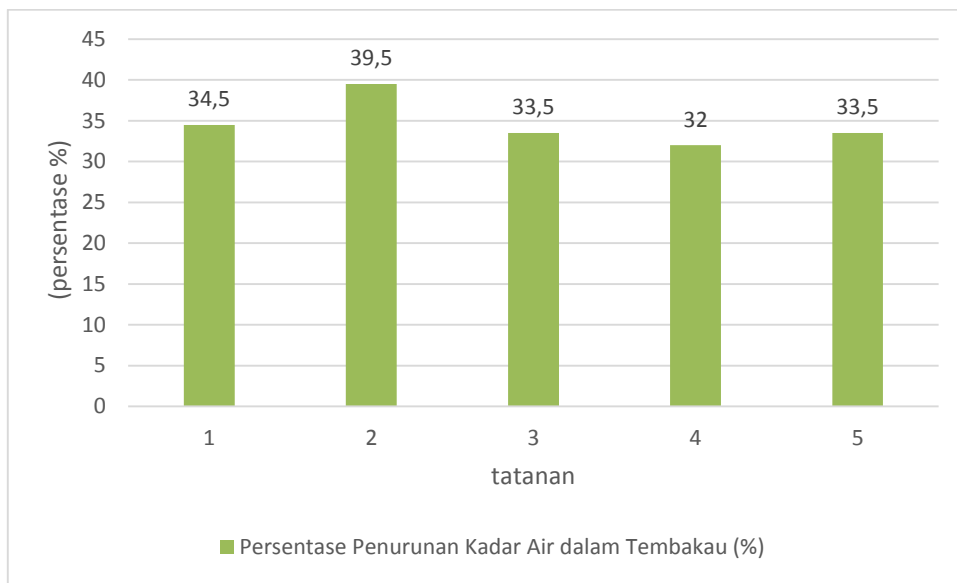
Tabel 4.7 Hasil Persentase Penurunan Kadar Air dengan Rak Terpasang dan Bahan Tembakau Rajangan Selama 30 Menit

Kadar Air	Persentase Penurunan yang Dicapai (%)	Persentase Penurunan Tertinggi (%) di Tatanan	Persentase Penurunan Terendah (%) di Tatanan
Rak 1	43 – 49,5	a (49,5)	c (43)
Rak 2	32 – 39,5	b (39,5)	d (32)
Rak 3	49 – 52,5	a (52,5)	d (49)

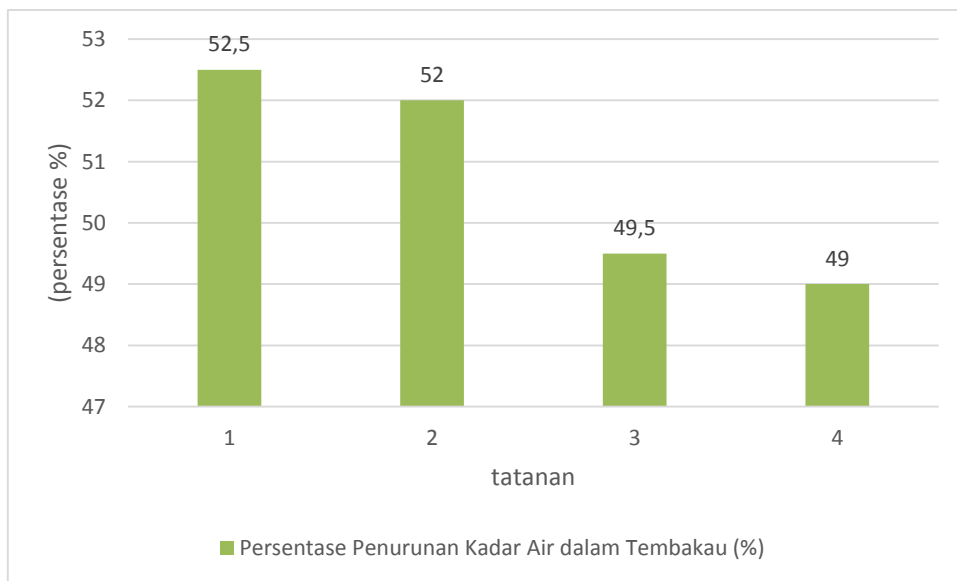
Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.15 Grafik Perubahan Kadar Air Tembakau Rajangan dengan Pengeringan Selama 30 Menit: (a) Rak 1, (b) Rak 2, (c) Rak 3

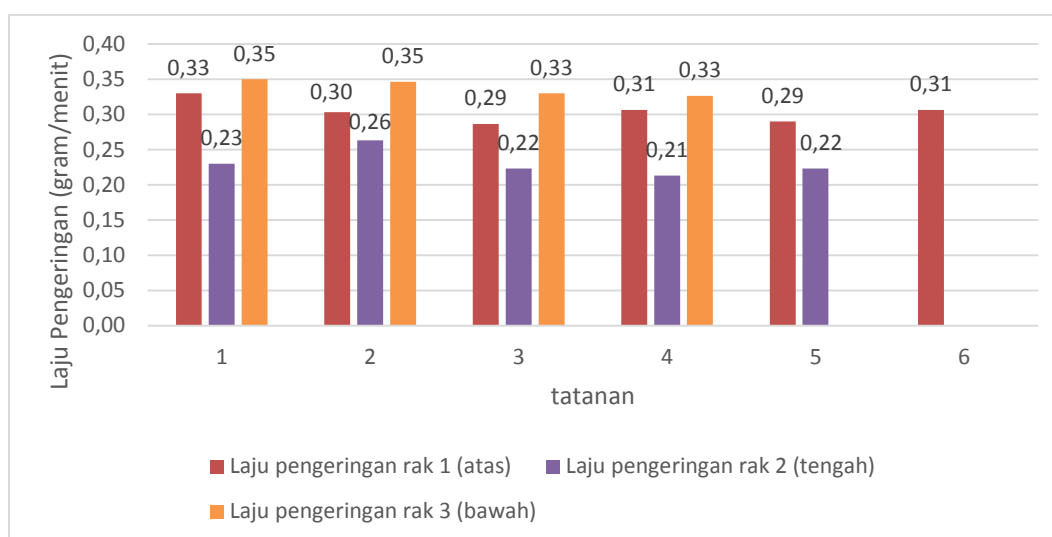
c. Laju Pengeringan

Penurunan kadar air tembakau rajangan erat hubungannya dengan laju pengeringan. Penghitungan laju pengeringan menggunakan persamaan 2.2. Grafik laju pengeringan selama 30 menit ditunjukkan pada gambar 4.16. Hasil laju pengeringan disajikan dalam Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Laju Pengeringan Tembakau Rajangan Selama 30 Menit

Keterangan	Laju Pengeringan yang Dicapai (gram/menit)	Laju Pengeringan Tertinggi (gram/menit) di Tatanan	Laju Pengeringan Terendah (gram/menit) di Tatanan
Rak 1	0,29 – 0,33	a (0,33)	c & d (0,29)
Rak 2	0,21 – 0,26	b (0,26)	d (0,21)
Rak 3	0,33 – 0,35	c & d (0,35)	c & d (0,33)

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.



Gambar 4.16 Grafik Laju Pengeringan Tembakau Rajangan dengan Pengeringan Selama 30 Menit

4.23.3 Pengeringan Selama 40 Menit

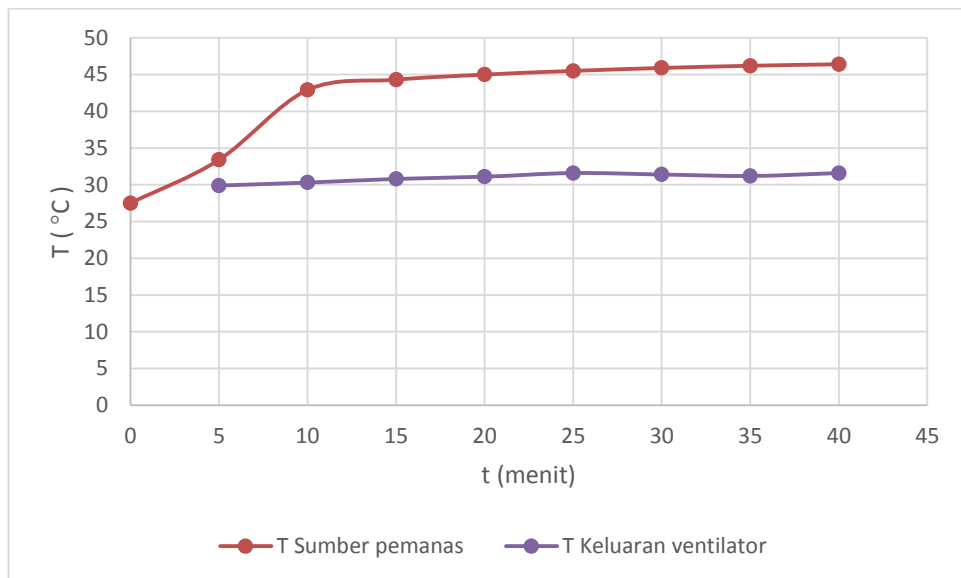
a. Distribusi Suhu

Pengeringan tembakau rajangan Madura pada pengujian ketiga berlangsung 40 menit dengan kecepatan aliran udara sebesar 0,5 m/s. Perubahan suhu pada pengujian dengan beban tembakau rajangan Madura seperti pada Gambar 4.17. Sumber panas dihidupkan terlebih dahulu selama 5 menit dengan posisi ruang pengering tertutup rapat. Ini bertujuan agar udara panas tersimpan merata di dalam ruang pengering. Setelah itu blower dihidupkan dan tutup cerobong asap (ventilator) dibuka. Hasil distribusi suhu disajikan dalam Tabel 4.9.

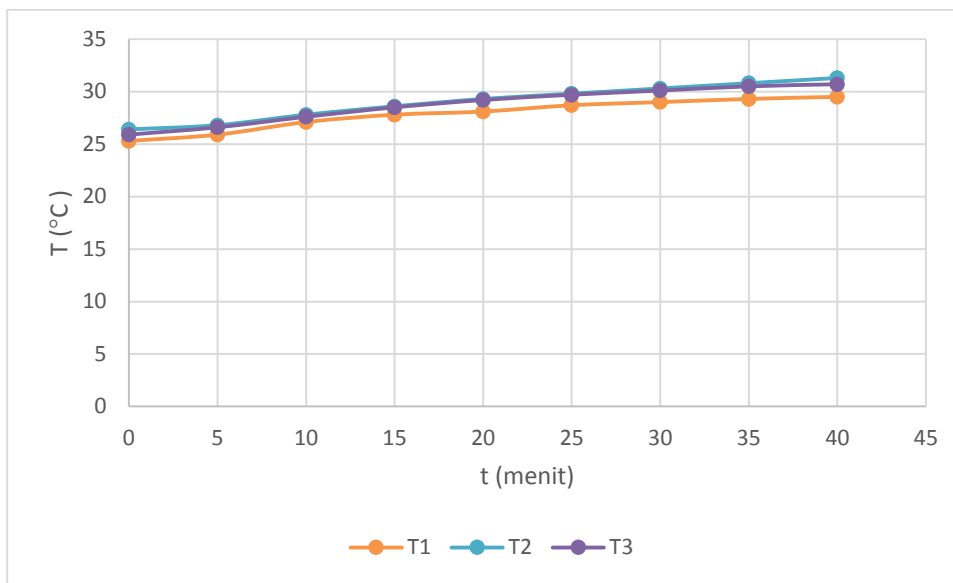
Tabel 4.9 Hasil Distribusi Suhu Pada Ruang Pengering dengan Rak Terpasang dan Bahan Tembakau Rajangan Selama 40 Menit

Keterangan	Suhu yang Dicapai (°C)	Suhu Tertinggi (°C) di Tatanan	Suhu Terendah (°C) di Tatanan
Sumber Pemanas	27,5 – 46,4	-	-
Suhu Keluar	29,9 – 31,6	-	-
Rak 1	25,3 – 31,3	a (26,4 – 31,3)	d (25,3 – 29,5)
Rak 2	25,1 – 31,1	c (25,4 – 31,1)	d (25,1 – 30,8)
Rak 3	25,6 – 31,3	d (25,7 – 31,3)	a (25,5 – 28,8)

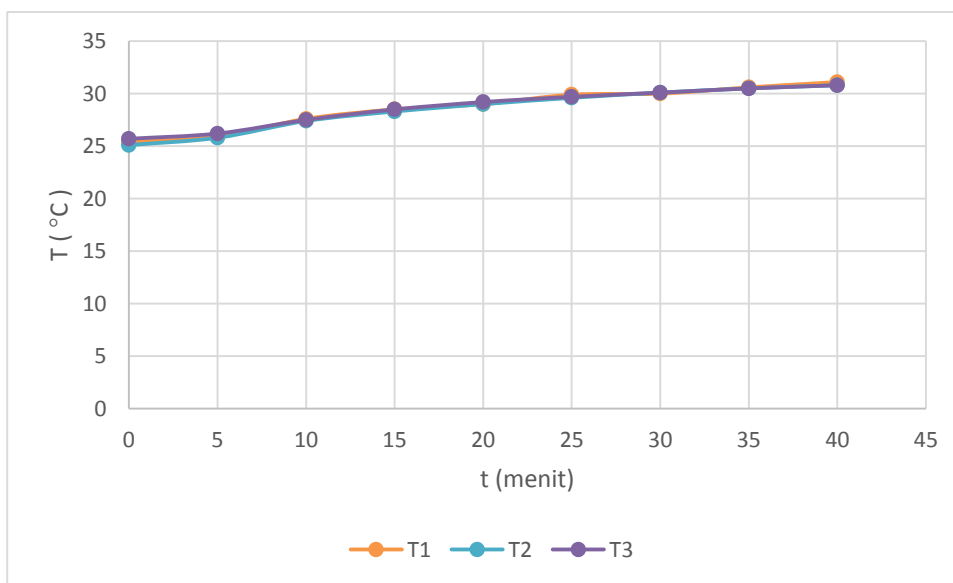
Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1.



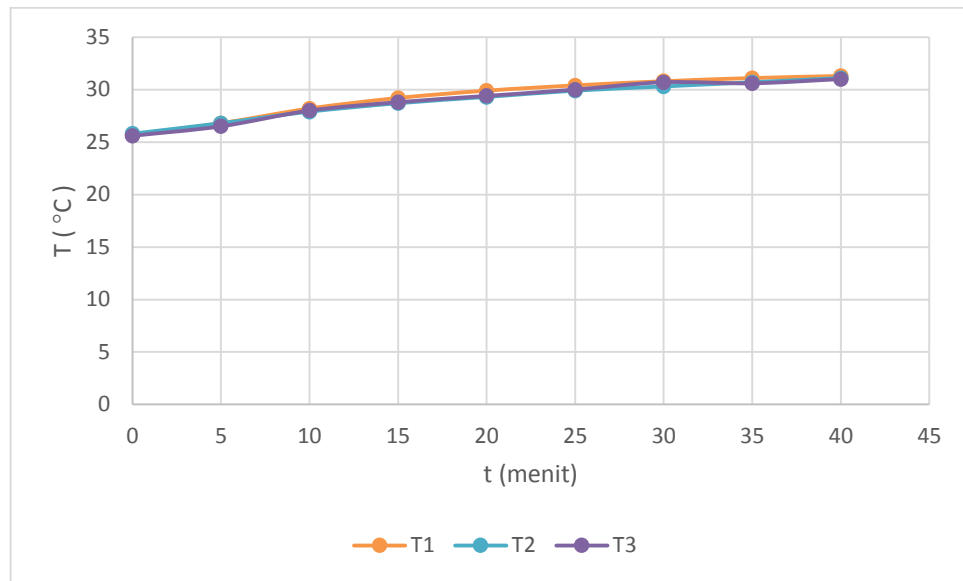
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.17 Grafik Perubahan Suhu Terhadap Waktu pada Masing-Masing Rak dengan Beban Tembakau Rajangan dengan Lama Pengeringan 40 Menit: (a) Sumber Pemanas dan Keluaran pada Ventilator (b) Suhu Pada Rak 1 (c) Suhu Pada Rak 2 (d) Suhu Pada Rak 3

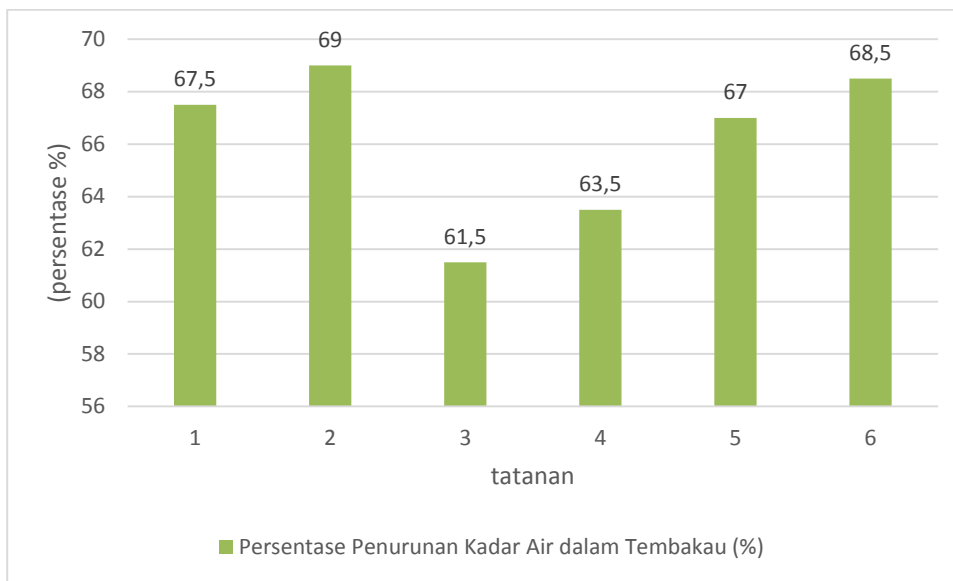
b. Kadar Air

Penurunan kadar air dalam ruang pengering pada masing-masing rak untuk pengujian ketiga selama 40 menit disajikan pada Gambar 4.18. Dengan menggunakan persamaan 2 diperoleh nilai persentase penurunan kadar air. Hasil penurunan kadar air disajikan dalam tabel 4.10.

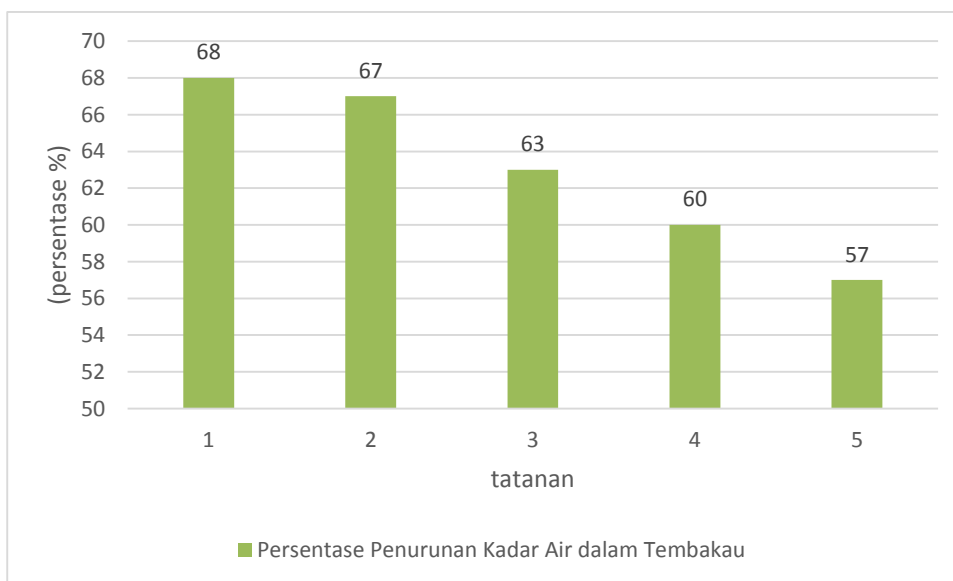
Tabel 4.10 Hasil Persentase Penurunan Kadar Air dengan Rak Terpasang dan Bahan Tembakau Rajangan Selama 40 Menit

Kadar Air	Persentase Penurunan yang Dicapai (%)	Persentase Penurunan Tertinggi (%) di Tatanan	Persentase Penurunan Terendah (%) di Tatanan
Rak 1	61,5 – 69	b (69)	c (61,5)
Rak 2	57 – 68	a (68)	e (57)
Rak 3	52 – 57	c (57)	d (52)

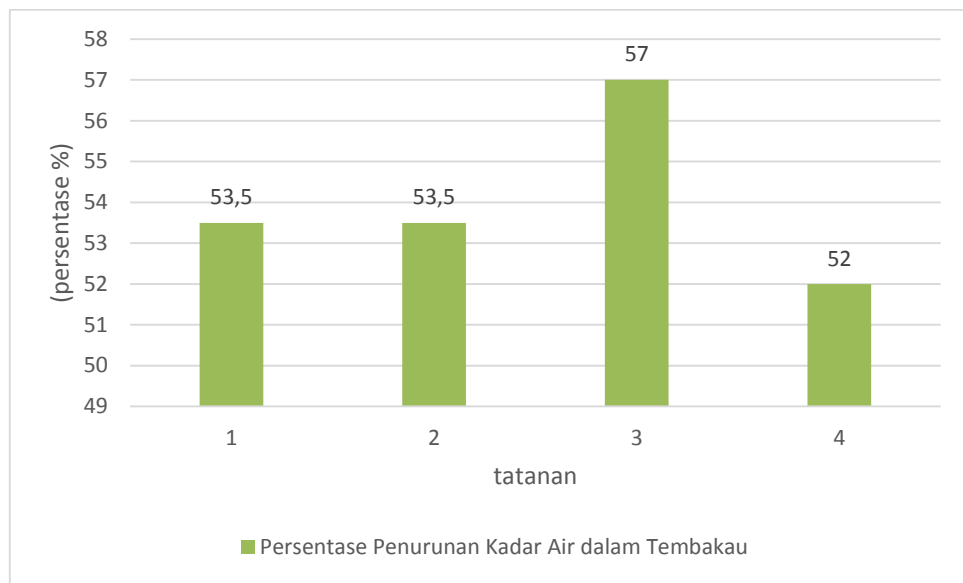
Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4.18 Grafik Perubahan Kadar Air Tembakau Rajangan dengan Lama Pengeringan 40 Menit: (a) Rak 1, (b) Rak 2, (c) Rak 3

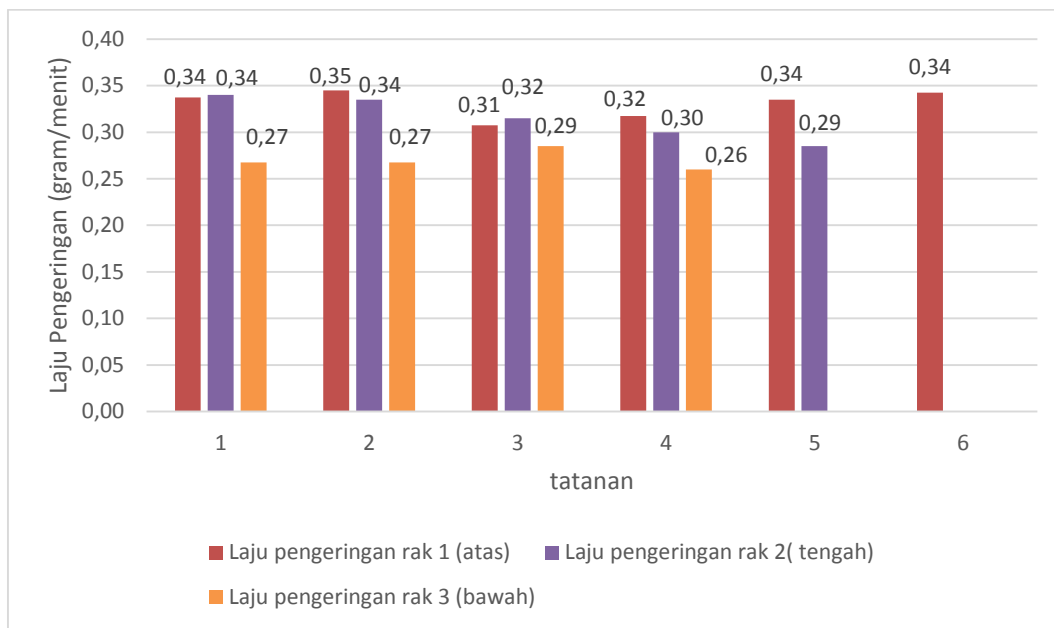
c. Laju Pengeringan

Pengujian ketiga pengeringan selama 40 menit. Penghitungan laju pengeringan menggunakan persamaan 2.2. Grafik laju pengeringan tiap 40 menit ditunjukkan pada gambar 4.19. Hasil laju pengeringan disajikan dalam Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Laju Pengeringan Tembakau Rajangan Selama 40 Menit

Keterangan	Laju Pengeringan yang Dicapai (gram/menit)	Laju Pengeringan Tertinggi (gram/menit) di Tatanan	Laju Pengeringan Terendah (gram/menit) di Tatanan
Rak 1	0,31 – 0,35	b (0,35)	c (0,31)
Rak 2	0,29 – 0,34	a & b (0,34)	e (0,29)
Rak 3	0,26 – 0,35	c (0,29)	d (0,26)

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2.



Gambar 4.19 Grafik Laju Pengeringan Tembakau Rajangan dengan Pengeringan Selama 40 Menit

Berdasarkan 3 percobaan di atas dengan waktu pengeringan yang berbeda-beda maka semakin lama melakukan pengeringan akan mengakibatkan distribusi suhu dalam ruang pengering meningkat. Semakin besar suhu maka semakin cepat proses pengeringan. Semakin tinggi suhu udara pemanas semakin besar pula energi panas yang dibawa yang menyebabkan perbedaan medium pemanas dan bahan yang akan dikeringkan semakin besar. Udara panas yang dikeluarkan sumber pemanas bergerak dari bawah ke atas melewati berturut-turut rak 3, rak 2, rak 1 dan dibiarkan keluar dari ruangan melalui cerobong asap. Rak 3 di bagian bawah merupakan rak yang memiliki suhu tertinggi dibandingkan dengan rak lainnya. Hal ini dikarenakan pada rak bagian bawah mendapatkan udara panas lebih besar dan letaknya lebih dekat dengan sumber pemanas. Pada penelitian yang dilakukan Dwi aries himawanto dkk di dapatkan distribusi suhu pada ruang pengering menggunakan sinar matahari pada bagian atas ruang pengering suhu berkisar 30 – 57 °C dan bagian bawah ruang pengering suhu berkisar 30 – 31 °C. Pengeringan dengan sinar matahari dan tambahan panas dari pembakaran limbah batang tembakau didapatkan suhu 50 – 67 °C.

Didapatkan penurunan kadar air tiap rak berbeda dengan waktu pengeringan yang berbeda-beda. Semakin lama melakukan waktu pengeringan

maka kadar air yang terkandung dalam bahan semakin sedikit. Rak paling bawah di tiap percobaan mengalami penurunan kadar air yang tinggi dikarenakan mendapatkan udara panas yang lebih besar. Penurunan kadar air yang tidak merata pada tiap rak disebabkan suhu ruang pengering pada masing-masing rak berbeda-beda. Menurut Tanjung (2007) Penurunan kadar air bahan erat kaitannya dengan penurunan massa bahan, karena air yang menguap dari bahan yang dikeringkan dapat dilihat dari turunnya massa bahan. Pada penelitian yang dilakukan Dwi aries himawanto dkk (2013) di dapatkan pengurangan kadar air dengan menggunakan panas matahari 42% dan gabungan menggunakan sinar matahari serta tambahan panas dari pembakaran limbah batang tembakau pengurangan kadar air sebesar 60%.

Untuk mengetahui laju pengeringan juga perlu mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan suatu bahan dari kadar air tertentu sampai kadar air yang diinginkan pada kondisi tertentu. Laju pengeringan sangat ditentukan oleh kenaikan suhu. Semakin tinggi suhu yang digunakan untuk pengeringan makin tinggi pula energi yang disuplai dan semakin cepat laju pengeringan. Ini terlihat pada rak bagian bawah yang mendapatkan udara panas lebih besar sehingga memiliki laju pengeringan yang tinggi tiap waktu pengeringan yang berbeda-beda.

4.3 Analisa Perpindahan Panas

Proses perpindahan panas yang terjadi pada pengeringan tembakau rajangan ini menggunakan konveksi paksa. Udara panas yang dihasilkan oleh *heater tubular* dipaksa dialirkan ke tempat yang dituju yaitu pada rak-rak yang berada di atas sumber panas dengan bantuan *blower*. Nantinya laju perpindahan panas secara konveksi bergantung pada luas permukaan benda yang bersentuhan dan beda suhu antara benda dengan fluida. Untuk menghitung laju perpindahan panas yang diterima tiap rak menggunakan persamaan persamaan 2.3. Dengan mencari terlebih dahulu nilai h menggunakan persamaan 2.8. Bilangan Nusselt (Nu) dipengaruhi oleh bilangan Reynold (Re) dan Prandtl (Pr). Nilai bilangan Reynold digunakan untuk menentukan aliran laminar atau turbulen pada suatu fluida sedangkan bilangan Prandtl digunakan untuk mengetahui distribusi panas

dan kecepatan aliran proses pengeringan berlangsung. Bilangan Reynold (Re) dihitung dengan menggunakan persamaan 2.7 dan bilangan Prandtl (Pr) diperoleh dari Tabel pada Lampiran 3. Sehingga diperoleh laju perpindahan panas tiap percobaan seperti berikut ini.

4.31 Pengeringan Selama 20 Menit

Pengeringan dilakukan selama 20 menit menghasilkan perpindahan panas di tiap raknya disajikan pada Tabel 4.12 – 4.14. Perpindahan panas pada rak 1 tertinggi sebesar 10,97 J di tatanan a dan terendah sebesar 9,81 di tatanan d. Pada rak 2 tertinggi sebesar 15,58 J di tatanan c dan terendah sebesar 11,54 J di tatanan d. Sedangkan di rak 3 tertinggi sebesar 20,20 J di tatanan d, terendah sebesar 16,74 J di tatanan d.

Tabel 4.12 Perpindahan Panas Pada Rak 1

No.	T1	T2	T3	Q (J)		
				T1	T2	T3
1.	25.8	26.5	26.5	0.00	0.00	0.00
2.	26.6	27.2	27.2	5.09	4.04	4.04
3.	27.1	27.5	27.5	7.50	5.77	5.77
4.	27.2	27.9	27.9	8.08	8.08	8.08
5.	27.5	28.4	28.3	9.81	10.97	10.39

Tabel 4.13 Perpindahan Panas Pada Rak 2

No.	T1	T2	T3	Q (J)		
				T1	T2	T3
1.	26.1	26	26.2	0.00	0.00	0.00
2.	26.8	26.7	26.9	4.45	4.45	4.45
3.	27.5	27.3	27.5	8.08	7.50	7.50
4.	28.2	27.6	28.1	12.12	9.23	10.97
5.	28.8	28	28.6	15.58	11.54	13.85

Tabel 4.14 Perpindahan Panas Pada Rak 3

No.	T1	T2	T3	Q (J)		
				T1	T2	T3
1.	26.2	26.4	26.8	0.00	0.00	0.00
2.	27	27.4	27.4	4.62	5.77	3.46
3.	28	28.3	27.8	10.39	10.97	5.77
4.	28.6	29	28.8	13.85	15.01	11.54
5.	29.1	29.6	30.3	16.74	18.47	20.20

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.32 Pengeringan Selama 30 Menit

Pengeringan dilakukan selama 30 menit menghasilkan perpindahan panas ditiap raknya disajikan pada Tabel 4.15 – 4.17. Perpindahan panas pada rak 1 tertinggi sebesar 21,35 J di tatanan a dan terendah sebesar 18,47 di tatanan c. Pada rak 2 tertinggi sebesar 23,09 J di tatanan c dan terendah sebesar 19,62 J di tatanan d. Sedangkan di rak 3 tertinggi sebesar 25,40 J di tatanan d, terendah sebesar 19,05 J di tatanan b.

Tabel 4.15 Perpindahan Panas Pada Rak 1

No.	T1	T2	T3	Q (J)		
				T1	T2	T3
1.	24.7	25.3	25.3	0.00	0.00	0.00
2.	25.4	26	26	4.45	4.45	4.45
3.	26.4	26.9	26.8	10.81	10.18	9.54
4.	26.9	27.6	27.3	13.99	13.27	11.54
5.	27.5	28.1	27.8	16.16	16.16	14.43
6.	27.9	28.7	28.1	18.47	19.62	16.16
7.	28.3	29	28.5	20.78	21.35	18.47

Tabel 4.16 Perpindahan Panas Pada Rak 2

No.	T1	T2	T3	Q (J)		
				T1	T2	T3
1.	24,7	25,1	25	0,00	0,00	0,00
2.	25,3	25,7	25,6	3,82	3,82	3,82

3.	26,5	26,5	26,6	11,45	8,90	10,18
4.	27	26,9	27,2	13,27	11,45	12,70
5.	27,9	27,6	28	18,47	14,43	17,31
6.	28,4	28,1	28,5	21,35	17,31	20,20
7.	28,7	28,5	28,9	23,09	19,62	22,51

Tabel 4.17 Perpindahan Panas Pada Rak 3

No.	T1	T2	T3	Q (J)		
				Q1	Q2	Q3
1.	25.3	25.5	25.4	0.00	0.00	0.00
2.	25.9	26.4	26.6	3.82	5.72	7.63
3.	27.1	26.9	27.5	10.39	8.90	12.12
4.	27.7	27.2	28.2	13.85	9.81	16.16
5.	28.3	27.7	28.8	17.31	12.70	19.62
6.	28.7	28.2	29.3	19.62	15.58	22.51
7.	29.2	28.8	29.8	22.51	19.05	25.40

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.33 Pengeringan Selama 40 Menit

Pengeringan dilakukan selama 40 menit menghasilkan perpindahan panas di tiap raknya disajikan pada Tabel 4.18 – 4.20. Perpindahan panas pada rak 1 tertinggi sebesar 28,28 J di tatanan a dan terendah sebesar 24,24 di tatanan d. Pada rak 2 tertinggi sebesar 32,90 J di tatanan d dan terendah sebesar 29,44 J di tatanan b. Sedangkan di rak 3 tertinggi sebesar 32,32 J di tatanan d, terendah sebesar 30,59 J di tatanan b.

Tabel 4.18 Perpindahan Panas Pada Rak 1

No.	T1	T2	T3	Q (J)		
				T1	T2	T3
1.	25.3	26.4	25.9	0.00	0.00	0.00
2.	25.9	26.8	26.6	3.82	2.54	4.45
3.	27.1	27.8	27.6	10.39	8.08	9.81
4.	27.8	28.6	28.5	14.43	12.70	15.01
5.	28.1	29.3	29.2	16.16	16.74	19.05

6.	28.7	29.8	29.7	19.62	19.62	21.93
7.	29	30.3	30.1	21.35	22.51	24.24
8.	29.3	30.8	30.5	23.09	25.40	26.55
9.	29.5	31.3	30.7	24.24	28.28	27.70

Tabel 4.19 Perpindahan Panas Pada Rak 2

No.	T1	T2	T3	Q (J)		
				T1	T2	T3
1.	25,4	25,1	25,7	0,00	0,00	0,00
2.	25,9	25,8	26,2	3,18	4,45	3,18
3.	27,6	27,4	27,5	12,70	13,27	10,39
4.	28,5	28,3	28,5	17,89	18,47	16,16
5.	29	29	29,2	20,78	22,51	20,20
6.	29,9	29,6	29,7	25,97	25,97	23,09
7.	30	30,1	30,1	26,55	28,86	25,40
8.	30,6	30,5	30,5	30,01	31,17	27,70
9.	31,1	30,8	30,8	32,90	32,90	29,44

Tabel 4.20 Perpindahan Panas Pada Rak 3

No.	T1	T2	T3	Q (J)		
				T1	T2	T3
1.	25.7	25.8	25.6	0.00	0.00	0.00
2.	26.8	26.8	26.5	7.00	6.36	5.72
3.	28.2	27.9	28	14.43	12.12	13.85
4.	29.2	28.7	28.8	20.20	16.74	18.47
5.	29.9	29.3	29.4	24.24	20.20	21.93
6.	30.4	29.9	30	27.13	23.66	25.40
7.	30.8	30.3	30.7	29.44	25.97	29.44
8.	31.1	30.7	30.6	31.17	28.28	28.86
9.	31.3	31.1	31	32.32	30.59	31.17





Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

Energi panas yang diterima pada masing-masing rak tidak sama, karena tidak meratanya distribusi suhu dalam ruang pengering. Energi panas sebanding dengan perubahan suhu artinya semakin tinggi perubahan suhu maka semakin

tinggi energi panas yang diterima oleh bahan pada rak tersebut. Tingginya suhu juga dipengaruhi oleh letak kedudukan rak. Rak bawah mendapatkan distribusi suhu yang tinggi sehingga nilai energi panas yang diterima besar.

Untuk mengetahui kualitas tembakau rajangan yang didapatkan dari hasil pengeringan dilakukan uji lab mutu bahan di UPT Pengujian Sertifikasi Mutu Barang dan Lembaga Tembakau Surabaya. Hasil uji disajikan pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Hasil Uji Tembakau Rajangan dengan Metode Pengujian Menurut SNI 01-3936-1995

Keterangan (Sampel)	Gambar	Karakteristik/Jenis Uji	Hasil Analisa
A		<ul style="list-style-type: none"> - Tingkat Kekeringan - Warna - Elastisitas (pegangan) 	15 % Coklat kusam Agak supel
B		<ul style="list-style-type: none"> - Tingkat Kekeringan - Warna - Elastisitas (pegangan) 	12,83 % Hijau kehitaman Agak supel
C		<ul style="list-style-type: none"> - Tingkat Kekeringan - Warna - Elastisitas (pegangan) 	11 % Hijau kecoklatan Agak supel
D		<ul style="list-style-type: none"> - Tingkat Kekeringan - Warna - Elastisitas (pegangan) 	11 % Hijau kecoklatan Agak supel

Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

Berdasarkan Tabel 4.21 terdapat 4 sampel tembakau rajangan yang diuji kualitasnya menurut SNI. Sampel tersebut terdiri dari sampel A, sampel B, sampel C, dan sampel D. Sampel A merupakan hasil pengeringan yang dilakukan petani dengan cara penjemuran di terik matahari selama 2 hari yang nantinya dijadikan sebagai pembanding sampel lainnya. Sampel B hasil pengeringan selama 20 menit di dalam ruang pengering (oven). Sampel C hasil pengeringan selama 30 menit di dalam ruang pengering (oven). Sedangkan sampel D hasil pengeringan selama 40 menit di dalam ruang pengering (oven). Hasil yang didapatkan dari ke 4 sampel tersebut dengan menguji 3 karakteristik diantaranya: tingkat kekeringan, warna, dan elastisitas.

Untuk hasil tingkat kekeringan didapatkan pada sampel A sebesar 15 %, sampel B sebesar 12,83 % dan sampel C dan D sebesar 11 %. Selisih antara pengeringan dengan cara melakukan penjemuran di sinar matahari dan pengeringan dengan cara pengovenan sebesar 2,17 – 4 %. Perbedaan ini tidak terlalu signifikan. Menurut SNI mutu tembakau Madura sangat beragam dan bersifat manual serta visual (organoleptik). Mutu tembakau dikelompokkan kedalam jenis mutu I (amat baik), II (baik), III (cukup), dan IV (sedang). Tingkat kekeringan yang dipaparkan dalam SNI untuk mutu I – IV adalah kering pasar. Kering pasar menurut Thomas Santoso (2001), dinilai baik jika kadar air tembakau rajang kering maksimal 12%, cukup jika kadar air tembakau rajang kering maksimal 13%, sedang jika kadar air tembakau rajang kering maksimal 14 % dan kurang jika kadar air tembakau rajang kering diperkirakan lebih dari 14 %. Hasil terbaik adalah pengeringan selama 20 menit.

Uji karakteristik warna didapatkan hasilnya dari sampel A coklat kusam, sampel B hijau kehitaman, sampel C dan D hijau kecoklatan. Menurut SNI jenis warna untuk mutu I adalah kuning kehijauan (cerah), mutu II kuning kehijauan (cerah), mutu III kuning kehijauan sedang (cukup cerah), mutu IV kuning kehijauan. Perbedaan warna yang dicapai oleh sampel A dan sampel B, C, dan D sangat mencolok. Ini dikarenakan pada saat panen dan pemeraman daun tembakau tidak dipisahkan menurut tingkat kemasakan daun (daun tua dan muda) dan petikan posisi daun (posisi atas, tengah, dan bawah pada pohon).

Uji elastisitas (pegangan) dari sampel A - D didapatkan keterangan agak supel. Pada karakteristik ini tidak ada perbedaan yang didapat antara pengeringan menggunakan sinar matahari dengan sistem pengovenan. Menurut SNI elastisitas pada mutu tembakau rajangan tercapai, untuk mutu I supel (elastis), mutu II agak elastis (cukup), mutu III sedikit elastis (sedang), dan mutu IV kurang elastis (kasar).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa pembuatan oven pengering untuk mengeringkan tembakau rajangan Madura telah berhasil dibuat dan dianalisa. Hasil pengovenan dilakukan dengan waktu selama 20 menit menghasilkan distribusi suhu dalam ruang pengeringan 25 – 30 °C dengan penurunan kadar air 26 – 35 % dan laju pengeringan 0,26 – 0,35 (g/menit) serta energi kalor sebesar 0 – 20,20 J. Pengeringan selama 30 menit menghasilkan distribusi suhu dalam ruang pengeringan 24 – 30 °C dengan penurunan kadar air 32 – 50 % dan laju pengeringan 0,21 – 0,35 (g/menit) serta energi kalor yang diterima oleh rak sebesar 0 – 25,40 J. Pengeringan 40 menit menghasilkan distribusi suhu dalam ruangan pengeringan 25 – 31 °C dengan penurunan kadar air 51 - 60 % dan laju pengeringan 0,26 – 0,35 (g/menit) serta energi kalor yang diterima oleh rak sebesar 0 – 32,32 J. Untuk hasil pengujian secara SNI didapatkan untuk tingkat kekeringan sampel A sebesar 15 %, sampel B sebesar 12,83 % dan sampel C dan D sebesar 11 %. Karakteristik warna hasilnya dari sampel A coklat kusam, sampel B hijau kehitaman, sampel C dan D hijau kecoklatan. Sedangkan elastisitas (pegangan) dari sampel A - D didapatkan keterangan agak supel. Maka hasil pengeringan selama 20 menit terbaik dari 3 pengujian.

5.2 Saran

Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai sistem pemanas yang digunakan agar mendapatkan panas yang maksimal dengan waktu yang relatif singkat. Lebih variasi lagi sistem pengeringan yang dibuat dan dibedakan hasil pengeringan berdasarkan letak posisi daun dan kematangan daun saat diperam. Pembuatan sistem kontrol otomatis untuk sumber pemanas dan blower sangat diperlukan. Serta otomatis sistem pembalik pada rak agar pengeringan cepat merata.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Budiman, Haryanto, S.P. (2014), *Budidaya Tanaman Tembakau Kiat Menanam Tembakau Berkualitas Tinggi*, Yogyakarta, Pustaka Baru Press.
- Burlian, Firmansyah dan Aneka Firdaus (2011), “Kaji Eksperimental Alat Pengering Kerupuk Tenaga Surya Tipe Box Menggunakan Konsentrator Cermin Datar” *Prosiding Avoer*, ISBN: 979-587-395-4.
- Brooker, D. B., F. W. Bakker-Arkema and C. W. Hall (1974), *Drying Cereal Grains*, Avi Publ, Co, Westport.
- Cahyono, Bambang (2011), *Untung Selangit Dari Usaha Bertanam Tembakau*, Yogyakarta, Cahaya Atma Pustaka.
- Damardjati, D.S, Trim, D.S, dan Haryono (1992), “Improving Rice Quality by Using A Solar Supplemented Dryer for Paddy Drying”, *Proceeding of 14th Asean Seminar on Grain Post Harvest Technology, Manila Philipinnes*, pp, 101-112.
- Direktur Jenderal Perkebunan 2012, *Pedoman Teknis Penanganan Pascapanen Tembakau*, <http://ditjenbun.deptan.go.id/perbenpro/index.php.pdf>, diakses pada 29 Mei 2013.
- Direktorat Jenderal Perkebunan (2012), *Produksi, Luas Areal Dan Produktivitas Perkebunan di Indonesia*, <http://www.pertanian.go.id/Indikator/tabel-3-prod-lsareal-prodvitas-bun.pdf>.
- Garner, W. (1951), *The Production of Tobacco Revised First Edition*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Hall CW (1980), *Drying and Storage Agricultural Crops*, The AVI Publishing Company, Inc Westport.
- Hartono, Joko (1992), “Tenggang Waktu Perajangan dengan Penjemuran Terhadap Mutu Tebakau Madura”, *Pemberitaan Tembakau dan Tanaman Serat*. 7(1-2) Januari-Juli.
- Hartono, Joko (1994), “Pengaruh Lama Pemeraman dan Saat Perajangan Terhadap Mutu Tembakau Madura”, *Buletin Tembakau dan Serat*, No. 03/06/1994.ISSN: 0854-1604.
- Hartono, Joko (2013), “Variasi dan Perbaikan Cara Pengolahan Berbagai Tipe Tembakau Rajangan di Berbagai Wilayah Penghasil Tembakau”, *Perspektif*, ISSN: 1412-8004.
- Henderson, SW. dan R.L. Perry (1982), *Agricultural Process Engineering 3rd Ed*, Avi Publ.Co.Inc. Westport, Conecticut.
- Himawanto, Dwi Aries dan Muhammad Nadjib (2013), “Pengeringan Tembakau dengan Sistem Hybrid”, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, Vol.16, No.1, hal.1-9.
- Holman, J.P. (2010), *Heat Transfer Tenth Edition*, McGraw-Hill.

- Istiana, Heri (2003), “Teknik Pemetikan Daun Tembakau Madura”, *Buletin Teknik Pertanian* Vol. 8 Nomor 1.
- Kreith, F (1994), alih bahasa Arko Prijono, *Perpindahan Panas*, Erlangga.
- Murdiyanti, A.S dan T Basuki (2011), *Agribisnis Tembakau Virginia*, Monograf Balittas Tembakau Virginia, ISBN: 978-979-17503-3-2.
- Natawidjaya, H., U. Ametung J, Hartono, Suswindarti, dan H. Suseno (2012), *Pedoman Teknis Penanganan Pascapanen Tembakau*, Ditjenbun Permentan No. 56/Permentan/OT.140/09/2012.
- Ningrat, S. D. R. G. S (2006), *Teknologi Pengolahan Teh Hitam*, ITB, Bandung.
- Ridhuan, Kms (2011), “Karakteristik Alat Pengering Padi Skala Lab dengan Menggunakan Bahan Bakar Sekam Padi”, *Jurnal Mechanical* , Volume 2 No. 1.
- Santoso, Thomas (2001), “Tata Niaga Tembakau Madura”, *Jurnal Manajemen dan Kewirausahaan*, Vol. 3 No. 2: 96-105.
- Taufiq, Muchamad (2004), “Pengaruh Temperatur Terhadap Laju Pengeringan Jagung Pada Pengering Konvensional dan Fluidized Bed”, Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- Tirtosastro, Samsuri (1992), “Analisis Pengeringan Daun Tembakau Rajangan Menggunakan Pengering Energi Ganda“, <http://repository.ipb.ac.id>, diakses pada 11 April 2013.
- Welty, J.R (2004), *Dasar-Dasar Fenomena Transport Transfer Panas*, Ed: Prasetio, G, Erlangga.

Lampiran 3: Hasil Penghitungan Laju Konveksi

1. Percobaan Pertama Pengeringan Selama 20 Menit

No.	Waktu (Menit)	T S. Panas	Temperatur (K)								
			Rak 1			Rak 2			Rak 3		
			T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	0	300,7	298,8	299,5	299,5	299,1	299	299,2	299,2	299,4	299,8
2.	5	307	299,6	300,2	300,2	299,8	299,7	299,9	300	300,4	300,4
3.	10	315,7	300,1	300,5	300,5	300,5	300,3	300,5	301	301,3	300,8
4.	15	317,2	300,2	300,9	300,9	301,2	300,6	301,1	301,6	302	301,8
5.	20	317,8	300,5	301,4	301,3	301,8	301	301,6	302,1	302,6	303,3

a. Rak 1

Tabel Menentukan Nilai ρ , μ , k , Pr , Re

No.	T1	T2	T3	ρ (kg/m ³)			$\mu \times (10^5)$ (Ns/m ²).			k (W/m.°C)			Pr			Re		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	298,8	299,5	299,5	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,72	191322,717	191322,72
2.	299,6	300,2	300,2	1,1774	0,998	0,998	1,8462	2,075	2,075	0,02624	0,03003	0,03003	0,708	0,697	0,697	191322,72	144289,157	144289,16
3.	300,1	300,5	300,5	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,16	144289,157	144289,16
4.	300,2	300,9	300,9	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,16	144289,157	144289,16

5.	300,5	301,4	301,3	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,16	144289,157	144289,16
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	---------	---------	---------	-------	-------	-------	-----------	------------	-----------

Tabel Menentukan Nilai N_u , S_t , h

No.	T1	T2	T3	Nu			St			h		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	298,8	299,5	299,5	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,666406	17,6664056	17,666406
2.	299,6	300,2	300,2	336,6312	266,9365	266,9365	0,002543	0,002719	0,002719	17,666406	16,032204	16,032204
3.	300,1	300,5	300,5	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,032204	16,032204	16,032204
4.	300,2	300,9	300,9	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,032204	16,032204	16,032204
5.	300,5	301,4	301,3	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,032204	16,032204	16,032204

Tabel Hasil Penghitungan Q

No.	T1	T2	T3	Tw-To			Q(J)		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	25,8	26,5	26,5	0	0	0	0	0	0
2.	26,6	27,2	27,2	0,8	0,7	0,7	5,087925	4,040115	4,040115
3.	27,1	27,5	27,5	1,3	1	1	7,503071	5,771593	5,771593
4.	27,2	27,9	27,9	1,4	1,4	1,4	8,080231	8,080231	8,080231
5.	27,5	28,4	28,3	1,7	1,9	1,8	9,811709	10,96603	10,38887

b. Rak 2

Tabel Menentukana Nilai ρ , μ , k , Pr , Re

No.	T1	T2	T3	ρ (kg/m ³)			$\mu \times (10^5)$ (Ns/m ²)			k (W/m.°C)			Pr			Re		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	299,1	299	299,2	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,72	191322,717	191322,72
2.	299,8	299,7	299,9	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,72	191322,717	191322,72
3.	300,5	300,3	300,5	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,16	144289,157	144289,16
4.	301,2	300,6	301,1	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,16	144289,157	144289,16
5.	301,8	301	301,6	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,16	144289,157	144289,16

Tabel Menentukan Nilai Nu , St , h

No.	T1	T2	T3	Nu			St			h		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	299,1	299	299,2	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,666406	17,6664056	17,666406
2.	299,8	299,7	299,9	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,666406	17,6664056	17,666406
3.	300,5	300,3	300,5	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,032204	16,032204	16,032204
4.	301,2	300,6	301,1	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,032204	16,032204	16,032204
5.	301,8	301	301,6	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,032204	16,032204	16,032204

Tabel Hasil Penghitungan Q

No.	T1	T2	T3	Tw-To			Q(J)		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	26,1	26	26,2	0	0	0	0	0	0
2.	26,8	26,7	26,9	0,7	0,7	0,7	4,451934	4,451934	4,451934
3.	27,5	27,3	27,5	1,4	1,3	1,3	8,080231	7,503071	7,503071
4.	28,2	27,6	28,1	2,1	1,6	1,9	12,12035	9,23455	10,96603
5.	28,8	28	28,6	2,7	2	2,4	15,5833	11,54319	13,85182

c. Rak 3

Tabel Menentukana Nilai ρ , μ , k, Pr, Re

N o.	T1	T2	T3	ρ (kg/m ³)			$\mu \times (10^5)$ (Ns/m ²).			k (W/m.°C)			Pr			Re		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	299,2	299,4	299,8	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,72	191322,717	191322,72
2.	300	300,4	300,4	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,16	144289,157	144289,16
3.	301	301,3	300,8	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,16	144289,157	144289,16
4.	301,6	302	301,8	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,16	144289,157	144289,16
5.	302,1	302,6	303,3	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,16	144289,157	144289,16

Tabel Menentukan Nilai N_u , S_t , h

No.	T1	T2	T3	Nu			St			h		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	299,2	299,4	299,8	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,666406	17,6664056	17,666406
2.	300	300,4	300,4	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,032204	16,032204	16,032204
3.	301	301,3	300,8	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,032204	16,032204	16,032204
4.	301,6	302	301,8	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,032204	16,032204	16,032204
5.	302,1	302,6	303,3	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,032204	16,032204	16,032204

Tabel Hasil Penghitungan Q

No.	T1	T2	T3	Tw-To			Q(J)		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	26,2	26,4	26,8	0	0	0	0	0	0
2.	27	27,4	27,4	0,8	1	0,6	4,617275	5,771593	3,462956
3.	28	28,3	27,8	1,8	1,9	1	10,38887	10,96603	5,771593
4.	28,6	29	28,8	2,4	2,6	2	13,85182	15,00614	11,54319
5.	29,1	29,6	30,3	2,9	3,2	3,5	16,73762	18,4691	20,20058

2. Percobaan Kedua Pengeringan Selama 30 Menit

No.	Waktu (Menit)	T S. Panas	Temperatur (K)								
			Rak 1			Rak 2			Rak 3		
			T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	0	300,8	297,7	298,3	298,3	297,7	298,1	298	298,3	298,5	298,4
2.	5	303,3	298,4	299	299	298,3	298,7	298,6	298,9	299,4	299,6
3.	10	316,1	299,4	299,9	299,8	299,5	299,5	299,6	300,1	299,9	300,5
4.	15	317,2	299,9	300,6	300,3	300	299,9	300,2	300,7	300,2	301,2
5.	20	317,9	300,5	301,1	300,8	300,9	300,6	301	301,3	300,7	301,8
6.	25	318,4	300,9	301,7	301,1	301,4	301,1	301,5	301,7	301,2	302,3
7.	30	318,6	301,3	302	301,5	301,7	301,5	301,9	302,2	301,8	302,8

a. Rak 1

Tabel Menentukan Nilai ρ , μ , k , Pr , Re

No.	T1	T2	T3	ρ (kg/m ³)			$\mu \times (10^5)$ (Ns/m ²)			k (W/m.°C)			Pr			Re		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	297,7	298,3	298,3	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,7	191322,7	191322,7
2.	298,4	299	299	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,7	191322,7	191322,7
3.	299,4	299,9	299,8	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,7	191322,7	191322,7
4.	299,9	300,6	300,3	1,1774	0,998	0,998	1,8462	2,075	2,075	0,02624	0,03003	0,03003	0,708	0,697	0,697	191322,7	144289,2	144289,2
5.	300,5	301,1	300,8	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2

6.	300,9	301,7	301,1	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
7.	301,3	302	301,5	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2

Tabel Menentukan Nilai N_u , S_t , h

No.	T1	T2	T3	N_u			S_t			h		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	297,7	298,3	298,3	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,66641	17,66641	17,66641
2.	298,4	299	299	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,66641	17,66641	17,66641
3.	299,4	299,9	299,8	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,66641	17,66641	17,66641
4.	299,9	300,6	300,3	336,6312	266,9365	266,9365	0,002543	0,002719	0,002719	17,66641	16,0322	16,0322
5.	300,5	301,1	300,8	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
6.	300,9	301,7	301,1	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
7.	301,3	302	301,5	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322

Tabel Hasil Penghitungan Q

No.	T1	T2	T3	$T_w - T_o$			$Q(J)$		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	24,7	25,3	25,3	0	0	0	0	0	0
2.	25,4	26	26	0,7	0,7	0,7	4,451934	4,451934	4,451934
3.	26,4	26,9	26,8	1,7	1,6	1,5	10,81184	10,17585	9,539859
4.	26,9	27,6	27,3	2,2	2,3	2	13,99179	13,27466	11,54319
5.	27,5	28,1	27,8	2,8	2,8	2,5	16,16046	16,16046	14,42898
6.	27,9	28,7	28,1	3,2	3,4	2,8	18,4691	19,62342	16,16046

7.	28,3	29	28,5	3,6	3,7	3,2	20,77774	21,3549	18,4691
----	------	----	------	-----	-----	-----	----------	---------	---------

b. Rak 2

Tabel Menentukana Nilai ρ , μ , k , Pr , Re

No.	T1	T2	T3	ρ (kg/m ³)			$\mu \times (10^5)$ (Ns/m ²).			k (W/m.°C)			Pr			Re		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	297,7	298,1	298	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,7	191322,7	191322,7
2.	298,3	298,7	298,6	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,7	191322,7	191322,7
3.	299,5	299,5	299,6	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,7	191322,7	191322,7
4.	300	299,9	300,2	0,998	1,1774	0,998	2,075	1,8462	2,075	0,03003	0,02624	0,03003	0,697	0,708	0,697	144289,2	191322,7	144289,2
5.	300,9	300,6	301	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
6.	301,4	301,1	301,5	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
7.	301,7	301,5	301,9	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2

Tabel Menentukan Nilai Nu , St , h

No.	T1	T2	T3	Nu			St			h		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	297,7	298,1	298	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,66641	17,66641	17,66641
2.	298,3	298,7	298,6	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,66641	17,66641	17,66641
3.	299,5	299,5	299,6	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,66641	17,66641	17,66641
4.	300	299,9	300,2	266,9365	336,6312	266,9365	0,002719	0,002543	0,002719	16,0322	17,66641	16,0322
5.	300,9	300,6	301	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
6.	301,4	301,1	301,5	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322

7.	301,7	301,5	301,9	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
----	-------	-------	-------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	---------	---------	---------

Tabel Hasil Penghitungan Q

No.	T1	T2	T3	Tw-To			Q(J)		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	24,7	25,1	25	0	0	0	0	0	0
2.	25,3	25,7	25,6	0,6	0,6	0,6	3,815944	3,815944	3,815944
3.	26,5	26,5	26,6	1,8	1,4	1,6	11,44783	8,903868	10,17585
4.	27	26,9	27,2	2,3	1,8	2,2	13,27466	11,44783	12,69751
5.	27,9	27,6	28	3,2	2,5	3	18,4691	14,42898	17,31478
6.	28,4	28,1	28,5	3,7	3	3,5	21,3549	17,31478	20,20058
7.	28,7	28,5	28,9	4	3,4	3,9	23,08637	19,62342	22,50921

c. Rak 3

Tabel Menentukana Nilai ρ , μ , k , Pr , Re

No.	T1	T2	T3	ρ (kg/m ³)			$\mu \times (10^5)$ (Ns/m ²).			k (W/m.°C)			Pr			Re		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	298,3	298,5	298,4	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,7	191322,7	191322,7
2.	298,9	299,4	299,6	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,7	191322,7	191322,7
3.	300,1	299,9	300,5	0,998	1,1774	0,998	2,075	1,8462	2,075	0,03003	0,02624	0,03003	0,697	0,708	0,697	144289,2	191322,7	144289,2
4.	300,7	300,2	301,2	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2

5.	301,3	300,7	301,8	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
6.	301,7	301,2	302,3	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
7.	302,2	301,8	302,8	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2

Tabel Menentukan Nilai N_u , S_t , h

No.	T1	T2	T3	N_u			S_t			h		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	298,3	298,5	298,4	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,66641	17,66641	17,66641
2.	298,9	299,4	299,6	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,66641	17,66641	17,66641
3.	300,1	299,9	300,5	266,9365	336,6312	266,9365	0,002719	0,002543	0,002719	16,0322	17,66641	16,0322
4.	300,7	300,2	301,2	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
5.	301,3	300,7	301,8	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
6.	301,7	301,2	302,3	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
7.	302,2	301,8	302,8	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322

Tabel Hasil Penghitungan Q

No.	T1	T2	T3	$T_w - T_o$			$Q(J)$		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	25,3	25,5	25,4	0	0	0	0	0	0
2.	25,9	26,4	26,6	0,6	0,9	1,2	3,815944	5,723915	7,631887
3.	27,1	26,9	27,5	1,8	1,4	2,1	10,38887	8,903868	12,12035
4.	27,7	27,2	28,2	2,4	1,7	2,8	13,85182	9,811709	16,16046

5.	28,3	27,7	28,8	3	2,2	3,4	17,31478	12,69751	19,62342
6.	28,7	28,2	29,3	3,4	2,7	3,9	19,62342	15,5833	22,50921
7.	29,2	28,8	29,8	3,9	3,3	4,4	22,50921	19,04626	25,39501

3. Percobaan Ketiga Pengeringan Selama 40 Menit

No.	Waktu (Menit)	T S. Panas	Temperatur (K)								
			Rak 1			Rak 2			Rak 3		
			T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	0	300,5	298,3	299,4	298,9	298,4	298,1	298,7	298,7	298,8	298,6
2.	5	306,4	298,9	299,8	299,6	298,9	298,8	299,2	299,8	299,8	299,5
3.	10	315,9	300,1	300,8	300,6	300,6	300,4	300,5	301,2	300,9	301
4.	15	317,3	300,8	301,6	301,5	301,5	301,3	301,5	302,2	301,7	301,8
5.	20	318	301,1	302,3	302,2	302	302	302,2	302,9	302,3	302,4
6.	25	318,5	301,7	302,8	302,7	302,9	302,6	302,7	303,4	302,9	303
7.	30	318,9	302	303,3	303,1	303	303,1	303,1	303,8	303,3	303,7
8.	35	319,2	302,3	303,8	303,5	303,6	303,5	303,5	304,1	303,7	303,6
9.	40	319,4	302,5	304,3	303,7	304,1	303,8	303,8	304,3	304,1	304

a. Rak 1

Tabel Menentukana Nilai ρ , μ , k , Pr , Re

No.	T1	T2	T3	ρ (kg/m ³)			$\mu \times (10^5)$ (Ns/m ²).			k (W/m.°C)			Pr			Re		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	298,3	299,4	298,9	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,7	191322,7	191322,7

2.	298,9	299,8	299,6	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,7	191322,7	191322,7
3.	300,1	300,8	300,6	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
4.	300,8	301,6	301,5	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
5.	301,1	302,3	302,2	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
6.	301,7	302,8	302,7	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
7.	302	303,3	303,1	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
8.	302,3	303,8	303,5	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
9.	302,5	304,3	303,7	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2

Tabel Menentukan Nilai N_u , S_t , h

No.	T1	T2	T3	Nu			St			h		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	298,3	299,4	298,9	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,66641	17,66641	17,66641
2.	298,9	299,8	299,6	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,66641	17,66641	17,66641
3.	300,1	300,8	300,6	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
4.	300,8	301,6	301,5	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
5.	301,1	302,3	302,2	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
6.	301,7	302,8	302,7	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
7.	302	303,3	303,1	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
8.	302,3	303,8	303,5	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
9.	302,5	304,3	303,7	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322

Tabel Hasil Penghitungan Q

No.	T1	T2	T3	Tw-To			Q(J)		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	25,3	26,4	25,9	0	0	0	0	0	0
2.	25,9	26,8	26,6	0,6	0,4	0,7	3,815944	2,543962	4,451934
3.	27,1	27,8	27,6	1,8	1,4	1,7	10,38887	8,080231	9,811709
4.	27,8	28,6	28,5	2,5	2,2	2,6	14,42898	12,69751	15,00614
5.	28,1	29,3	29,2	2,8	2,9	3,3	16,16046	16,73762	19,04626
6.	28,7	29,8	29,7	3,4	3,4	3,8	19,62342	19,62342	21,93206
7.	29	30,3	30,1	3,7	3,9	4,2	21,3549	22,50921	24,24069
8.	29,3	30,8	30,5	4	4,4	4,6	23,08637	25,39501	26,54933
9.	29,5	31,3	30,7	4,2	4,9	4,8	24,24069	28,28081	27,70365

b. Rak 2Tabel Menentukana Nilai ρ , μ , k , Pr , Re

No.	T1	T2	T3	ρ (kg/m ³)			$\mu \times (10^5)$ (Ns/m ²).			k (W/m.°C)			Pr			Re		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	298,4	298,1	298,7	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,7	191322,7	191322,7
2.	298,9	298,8	299,2	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,7	191322,7	191322,7
3.	300,6	300,4	300,5	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
4.	301,5	301,3	301,5	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
5.	302	302	302,2	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2

6.	302,9	302,6	302,7	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
7.	303	303,1	303,1	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
8.	303,6	303,5	303,5	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
9.	304,1	303,8	303,8	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2

Tabel Menentukan Nilai N_u , S_t , h

No.	T1	T2	T3	Nu			St			h		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	298,4	298,1	298,7	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,66641	17,66641	17,66641
2.	298,9	298,8	299,2	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,66641	17,66641	17,66641
3.	300,6	300,4	300,5	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
4.	301,5	301,3	301,5	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
5.	302	302	302,2	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
6.	302,9	302,6	302,7	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
7.	303	303,1	303,1	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
8.	303,6	303,5	303,5	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
9.	304,1	303,8	303,8	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322

Tabel Hasil Penghitungan Q

No.	T1	T2	T3	Tw-To			Q(J)		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	25,4	25,1	25,7	0	0	0	0	0	0
2.	25,9	25,8	26,2	0,5	0,7	0,5	3,179953	4,451934	3,179953
3.	27,6	27,4	27,5	2,2	2,3	1,8	12,69751	13,27466	10,38887
4.	28,5	28,3	28,5	3,1	3,2	2,8	17,89194	18,4691	16,16046
5.	29	29	29,2	3,6	3,9	3,5	20,77774	22,50921	20,20058
6.	29,9	29,6	29,7	4,5	4,5	4	25,97217	25,97217	23,08637
7.	30	30,1	30,1	4,6	5	4,4	26,54933	28,85797	25,39501
8.	30,6	30,5	30,5	5,2	5,4	4,8	30,01229	31,1666	27,70365
9.	31,1	30,8	30,8	5,7	5,7	5,1	32,89808	32,89808	29,43513

c. Rak 3Tabel Menentukan Nilai ρ , μ , k , Pr , Re

No.	T1	T2	T3	ρ (kg/m ³)			$\mu \times (10^5)$ (Ns/m ²)			k (W/m.°C)			Pr			Re		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	298,7	298,8	298,6	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,7	191322,7	191322,7
2.	299,8	299,8	299,5	1,1774	1,1774	1,1774	1,8462	1,8462	1,8462	0,02624	0,02624	0,02624	0,708	0,708	0,708	191322,7	191322,7	191322,7
3.	301,2	300,9	301	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
4.	302,2	301,7	301,8	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
5.	302,9	302,3	302,4	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2

6.	303,4	302,9	303	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
7.	303,8	303,3	303,7	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
8.	304,1	303,7	303,6	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2
9.	304,3	304,1	304	0,998	0,998	0,998	2,075	2,075	2,075	0,03003	0,03003	0,03003	0,697	0,697	0,697	144289,2	144289,2	144289,2

Tabel Menentukan Nilai N_u , S_t , h

No.	T1	T2	T3	Nu			St			h		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	298,7	298,8	298,6	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,66641	17,66641	17,66641
2.	299,8	299,8	299,5	336,6312	336,6312	336,6312	0,002543	0,002543	0,002543	17,66641	17,66641	17,66641
3.	301,2	300,9	301	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
4.	302,2	301,7	301,8	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
5.	302,9	302,3	302,4	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
6.	303,4	302,9	303	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
7.	303,8	303,3	303,7	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
8.	304,1	303,7	303,6	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322
9.	304,3	304,1	304	266,9365	266,9365	266,9365	0,002719	0,002719	0,002719	16,0322	16,0322	16,0322

Tabel Hasil Penghitungan Q

No.	T1	T2	T3	Tw-To			Q(J)		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3
1.	25,7	25,8	25,6	0	0	0	0	0	0
2.	26,8	26,8	26,5	1,1	1	0,9	6,995897	6,359906	5,723915
3.	28,2	27,9	28	2,5	2,1	2,4	14,42898	12,12035	13,85182
4.	29,2	28,7	28,8	3,5	2,9	3,2	20,20058	16,73762	18,4691
5.	29,9	29,3	29,4	4,2	3,5	3,8	24,24069	20,20058	21,93206
6.	30,4	29,9	30	4,7	4,1	4,4	27,12649	23,66353	25,39501
7.	30,8	30,3	30,7	5,1	4,5	5,1	29,43513	25,97217	29,43513
8.	31,1	30,7	30,6	5,4	4,9	5	31,1666	28,28081	28,85797
9.	31,3	31,1	31	5,6	5,3	5,4	32,32092	30,58945	31,1666

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di ujung timur pulau Madura, Sumenep pada tanggal 18 Novembet 1987. Anak kedua dari tiga bersaudara, putra dari pasangan Ayah H. Nurhamin Thaha dan Ibu Hj. Sumriyani. Penulis menempuh pendidikannya di kampung halaman tercinta, Tahun 1994 tamat dari TK Kumarajaya Kalianget, tahun 2000 tamat dari SD Taman Muda, tahun 2003 tamat dari SMP Negeri 1 Kalianget, dan SMA 3 Pamekasan tamat tahun 2006. Setelah itu melanjutkan sekolah di Jurusan Fisika dan Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang (UM) dengan kelompok bidang keahlian Komputasi lulus tahun 2011. Tahun 2012 mendapatkan beasiswa unggulan (BU) Magister di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan bidang keahlian fisika instrumentasi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”